# PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 21. 1. November 1913. Redaktionsschluß für No. 22 am 1. November 1913. 14. Jahrgang.


INHALT:


**Originalmitteilungen:**

H. Starke, Versuche zur Erregung von $\gamma$-Strahlen durch $\beta$-Strahlen. S. 1033.

H. Starke, Über Absorptionsmessungen an $\beta$-Strahlen. S. 1037.

P. P. Ewald, Bemerkung zu der Arbeit von M. Laue: Die dreizählig-symmetrischen Röntgenstrahlaufnahmen an regulären Kristallen. S. 1038.

M. v. Laue, Zur Optik der Raumgitter. S. 1040.

E. Taege, Der Einfluß von Gas und Elektrodenmaterial bei kurzen Metallfunkenstrecken. S. 1041.

H. Faßbender u. E. Hupka, Kurvenform des magnetischen Induktionsflusses sehr dünner Eisenbleche bei Hochfrequenz in Abhängigkeit von der Blechstärke. S. 1042.

H. Hausrath, Torsionswellenmodelle. S. 1045.

K. Fredenhagen, Eine Anordnung, um Gase oder Dämpfe auf sehr hohe Temperaturen zu erhitzen. S. 1047.

K. Fredenhagen, Über die Beeinflussung der Absorption des Natriumdampfes durch neutrale Gase. S. 1047.

H. T. Clarke u. A. W. Stewart, Über die ultraviolette Absorption des reinen Azetons oberhalb $\lambda$ 332 $\mu\mu$. S. 1049.

G. H. Livens, Über die Veränderlichkeit von Absorptionsspektren. II. S. 1050.

H. Freundlich u. G. v. Elissafoff, Über die Bestimmung der Wertigkeit des Radiums mit Hilfe der Elektroendosmose. S. 1052.

G. C. Simpson, Über die Elektrizität der Niederschläge. S. 1057.

W. Kolhörster, Über eine Neukonstruktion des Apparates zur Messung der durchdringenden Strahlung nach Wulf und die damit bisher gewonnenen Ergebnisse. S. 1066.

W. Burstyn, Verhalten des Quecksilberlichtbogens und des Quecksilbergleichrichters bei schnellen Schwingungen. S. 1069.

**Besprechungen:**

H. Konen, Das Leuchten der Gase und Dämpfe. S. 1070.

W. Ostwald, Die Energie. S. 1070.

E. Kotte, Lehrbuch der Chemie und Mineralogie. Ausg. A. I. S. 1071.

J. Billiter, Die elektrolytische Alkalichloridzerlegung mit starren Metallkathoden. I. S. 1071.

H. Scholl u. W. Voege, Theorie der elektrischen Meßinstrumente. S. 1071.

J. Grosselin, Die isolierten Leitungen. S. 1071.

K. Markau, Die Telephonie ohne Draht. S. 1072.

J. L. Heiberg, Naturwissenschaften und Mathematik im klassischen Altertum. S. 1072.

**Personalien.** S. 1072.

**Gesuche.** S. 1072.


## ORIGINALMITTEILUNGEN.

### Versuche zur Erregung von $\gamma$-Strahlen durch $\beta$-Strahlen.


Von H. Starke.


Die Frage, ob bei dem Auftreffen von $\beta$-Strahlen auf Materie eine elektromagnetische Strahlung in Form von $\gamma$-Strahlen entsteht, ist in positivem Sinne zuerst von J. A. Gray[1]) beantwortet worden, der für seine Versuche das *RaE* anwandte, eine Substanz, die primär nur sehr wenig $\gamma$-Strahlen aussendet. Weiterhin ist dann mit einer empfindlichen Anordnung auch mit den $\beta$-Strahlen des *RaC* eine Erzeugung von $\gamma$-Strahlen durch J. Chadwick[2]) beobachtet worden. Wenn man sich die Frage nach der zu erwartenden Ausbeute an $\gamma$-Strahlung vorlegt, d. h. nach der zu erwartenden Gesamtenergie von $\gamma$-Strahlung, die bei dem Auftreffen der gesamten $\beta$-Strahlung eines Radiumpräparats auf eine die Strahlen völlig absorbierende Metallplatte erregt wird, so kann man hierfür den verwandten Vorgang der Entstehung von Röntgenstrahlen aus Kathodenstrahlen zum Vergleich heranziehen. Hier ergab sich aus den Messungen von W. Wien[3]) und von Miß E. Carter[1]), daß an einer Platinantikathode bei 59000 Volt Entladungspotential ein Tausendstel der auffallenden Kathodenstrahlenergie in Röntgenstrahlung umgesetzt wird, und daß ferner bei anderen Härtegraden der umgesetzte Bruchteil der auffallenden Energie dem Entladungspotential, also dem Quadrat der Elektronengeschwindigkeit, proportional ist. Nimmt man an, daß dieses Gesetz auch noch bis zu den hohen Geschwindigkeiten der $\beta$-Strahlen seine Gültigkeit beibehält, so wäre eine $\gamma$-Strahlausbeute von etwa einem halben Prozent der primären $\beta$-Strahlenergie zu erwarten. Berechnet man ferner gesondert die von den $\beta$- und die von den $\gamma$-Strahlen eines Radiumpräparats im gesamten Ionisationsbereich gebildeten Ionenmengen, so findet man diese etwa gleich (E. Rutherford, Die Radioaktivität, übersetzt von E. Aschkinaß, Berlin 1907, S. 207). Unter der Annahme, daß zur Erzeugung einer gewissen Ionenzahl eine bestimmte Energiemenge erforderlich ist, würde dies auf eine etwa gleiche Energie der $\beta$- und $\gamma$-Strahlen des Radiums schließen lassen. Die von den gesamten $\beta$-Strahlen eines Radiumpräparats bei dem Auftreffen auf eine Platinplatte gebildete $\gamma$-Strahlung sollte danach ein halbes Prozent der primären

1) Proc. Roy. Soc. **85** A, 131, 1911.
2) Phil. Mag. (6) **24**, 594, 1912.
3) Ann. d. Phys. **18**, 991, 1905.

1) Ann. d. Phys. **21**, 955, 1906.

γ-Strahlung des Präparats selbst betragen. Es stimmt dies mit dem Ergebnis der Messungen von Chadwick ($^1/_3$ Proz.) recht gut überein.

So wurde denn die vorliegende Untersuchung mit einem von der Kgl. preuß. Akad. d. Wiss. erbetenen und mir gütigst leihweise überlassenen Mesothoriumpräparat (zwei Kapseln, deren jede eine an Aktivität der Menge von 10 mg reinen Radiumbromids äquivalente Menge enthielt) in der Absicht unternommen, Quantität und Qualität der erregten γ-Strahlung unter variierten Bedingungen zu prüfen. Es sei jedoch vorweg bemerkt, daß dieses Ziel trotz hoher Empfindlichkeit der Untersuchungsmethode nicht erreicht werden konnte, weil die γ-Strahlerzeugung für nähere Untersuchung zu schwach war, nämlich in keinem Falle die Grenze der Wahrnehmbarkeit bedeutend überstieg.

Hinzugefügt werden muß, daß sich die Versuche nur auf eine durchdringende γ-Strahlung beziehen, die durch eine Aluminiumschicht von 3 mm Dicke nicht zu sehr geschwächt wird. Dies muß betont werden, da in neueren Untersuchungen die Existenz sehr weicher γ-Strahlen festgestellt worden ist (E. Rutherford und H. Richardson[1]) in der Strahlung des $RaB + C$; J. Chadwick und A. S. Russell[2]) beim Ionium).

## Vorversuche.

Als Elektroskop diente zuerst ein Instrument sehr geringer Kapazität, an welchem der Abstand zweier sich abstoßender, lose gespannter Wollastondrähte mikroskopisch auf einer Okularmikrometerskala abgelesen wurde. Die Fäden wurden mit der städtischen Zentralenspannung auf 440 Volt gegen das geerdete Gehäuse geladen, die kleine Öffnung, durch welche hindurch dies geschah, wieder verschlossen und die Entladegeschwindigkeit bestimmt. Das Instrument, bernsteinisoliert, zeigte unbestrahlt innerhalb von 10 Minuten noch keinen bemerkbaren Ladungsverlust, so daß sich jede Korrektion in dieser Hinsicht erübrigte. Es war vollständig von einem etwa 1 cm dicken Mantel aus Bleiplatten umhüllt. Der Strahleneintritt erfolgte durch eine runde Öffnung von 2 cm Durchmesser, die mit 0,01 mm Aluminiumfolie bedeckt war. Zur Kontrolle des Instruments wurde festgestellt, daß bei gleichzeitigem Wirken zweier Strahlungsquellen $A$ und $B$ die Entladegeschwindigkeiten sich summieren: $t$ bedeutet im folgenden die Zeit des Durchgangs eines Fadens zwischen zwei bestimmten Teilstrecken der Okularskala. Die Genauigkeit der Zeitenbestimmung wurde auf 2—3 Proz. festgestellt.

1) Phil. Mag. (6) **25**, 722, 1913.
2) Nature **90**, 463, 1912.

| | | $t$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $A$ wirkt allein | | 110″ | 110″ | 49″ | 20″ |
| $B$ wirkt allein | | 108 | 48 | 48 | 20 |
| $A$ und $B$ wirken zusammen | beob. | 56 | 32.5 | 24 | 10 |
| | ber. | 55 | 33.4 | 24 | 10 |

Die ersten Versuche zum Nachweis einer sekundären γ-Strahlung wurden einfach in der Weise angestellt, daß das Präparat (es mag der Kürze halber im folgenden stets mit $Me$ bezeichnet werden) dicht am Elektrometer seitlich der Öffnung aufgestellt wurde, mit Zwischenlage von 5 cm Blei, um die direkte Strahlung nach Kräften abzuschirmen. Dann wurden unter 45° geneigt Platten aus Blei oder anderen Metallen als Reflektoren vor die Öffnung gestellt und die sehr kräftige Strahlung derselben beobachtet, die aus sekundären und aus zerstreuten β- und γ-Strahlen besteht. Mit dieser Methode war jedoch das Vorhandensein der γ-Strahlen in der Reflektorstrahlung überhaupt nicht festzustellen. Wenn vor der Elektrometeröffnung ein Aluminiumschirm von 3 mm Dicke sich befand, der in besonderen Versuchen für gerade ausreichend befunden wurde, die direkte noch merkliche β-Strahlung des $Me$ abzuhalten, so war kein Unterschied der Entladezeit mit oder ohne Reflektor zu beobachten. Es sei hier nur ein Beispiel solcher Messungsreihe angeführt. Die Zahlen geben die Entladungszeit in Sekunden.

Bleireflektor.

| Mit Reflektor | Ohne Reflektor | Vor Elektrometer $Al$-Schirm von Dicke |
|---|---|---|
| 11″ | 40″ | 0 mm |
| 34 | 70 | 0,3 |
| 84 | 94 | 1,5 |
| 93 | 93 | 3,0 |

Die auch ohne Reflektor ziemlich erhebliche Entladung rührt teils von der direkten γ-Strahlung, teils von der Sekundärstrahlung der Umgebung her. Die Kapsel, die das $Me$ enthielt, gab reichlich Emanation ab, und mußte daher bei allen Messungen in ein völlig geschlossenes Gefäß gebracht werden. Bei den meisten Versuchen war dies ein Bleiblock, dessen strahlende Öffnung mit dünner Aluminiumfolie dicht geschlossen war. So waren die beobachteten Entladungszeiten völlig konstante, während bei Verwendung der Kapseln ohne Hülle kurz aufeinanderfolgende Beobachtungen Schwankungen bis zu mehreren hundert Prozent zeigten.

## Empfindlichkeit der Anordnung.

Es fragt sich nun, welche Genauigkeit eine solche Messung zuläßt. 3 Proz. Änderung der

Entladungszeit lassen sich gerade mit Sicherheit erkennen. Wenn dementsprechend die Entladungszeit 93″ durch den Reflektor auf 90″ herabgesetzt worden wäre, so wäre dies eine sicher zu konstatierende Erzeugung von γ-Strahlen am Reflektor gewesen. Die Reflektorwirkung allein hätte in diesem Fall eine Entladungszeit 2780″ gehabt. Die γ-Strahlung des an die Stelle des Reflektors gebrachten *Me*-Präparats bewirkte eine Entladezeit von 8″, die gerade nachweisbare Reflektorwirkung wäre demnach der $^{8}/_{2780}$ te Teil, d. i. ca. 3 Promille der γ-Strahlung des *Me*-Präparats. Das wäre nach Chadwick gerade der Betrag erzeugter γ-Strahlung, wenn alle β-Strahlen von *RaC* auf den Reflektor fallen. Da nun bei der geschilderten Anordnung das unter Annahme allseitig gleicher Strahlung berechnete Verhältnis der auf den Reflektor auffallenden zur gesamten β-Strahlung des Präparats nur etwa $^{1}/_{20}$ betrug, so ist zu erkennen, daß die Empfindlichkeit auf das mindestens 20fache zu erhöhen war.

Auch mit einer Konzentration der β-Strahlen auf den Reflektor durch ein kräftiges Magnetfeld war diese Methode nicht empfindlich genug zu gestalten, und es sollen daher die vielen Versuche in dieser Richtung, die alle ein negatives Resultat hatten, unerwähnt bleiben.

### Die empfindlichere Anordnung.

Es wurde nunmehr die elektrometrische Anordnung auf einen wesentlich höheren Grad von Empfindlichkeit dadurch gebracht, daß nicht mehr die direkte Entladung eines Elektroskops beobachtet wurde, sondern die Aufladung eines hochempfindlichen Edelmannschen Fadenelektrometers durch den Leitungsstrom, den die Strahlung in einer größeren Ionisationskammer hervorrief. Das Instrument, die $^{3}/_{4}$ m davon entfernte Ionisationskammer sowie die Zuleitung zu derselben mußten gegen die diffuse äußere Strahlung sorgfältig durch dicke Bleimäntel geschützt werden. Die Ionisationskammer *J* war ein mit Aluminiumfolie ausgekleideter, bleibeschlagener Holzkasten mit einer gut isolierten Aluminiumplatte als innerer Elektrode. Vor der mit 0,01 mm Aluminiumfolie verklebten, 5 cm² großen Öffnung stand (Fig. 1) ein Rhumkorffscher Elektromagnet, an dessen einem Pol *N* das *Me*-Präparat in Glashülle befestigt war. Ein Bleiklotz schirmte die direkte Strahlung des *Me* von der Öffnung der Ionisationskammer ab. Diese war mit 3 mm dickem Aluminiumblech bedeckt, weil nur γ-Strahlung eindringen sollte. Alle Metallteile der Umgebung wurden mit dickem Kartonpapier überzogen, um Sekundärstrahlungen derselben möglichst herabzudrücken.

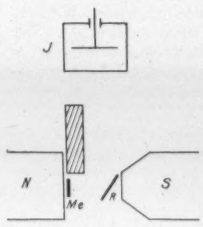



Fig. 1.

In einigen Zentimetern Entfernung dem Präparat gegenüber stand der andere kartonbezogene Pol *S* des Elektromagneten. Die diffuse γ-Strahlung nach der Ionisationskammer, bestehend aus der Sekundärstrahlung von *S* und der Umgebung sowie direkter Strahlung war so groß, daß das Elektrometer einen rapiden Gang zeigte. Dieser wurde, in ähnlicher Weise wie es von Kleeman[1]) angegeben worden ist, durch einen entgegengesetzten Ionisationsstrom in einer zweiten Ionisationskammer *I′* kompensiert. Derselbe wurde erzeugt durch die β- und γ-Strahlung eines feststehenden aktiven Präparats *A′* und eines längs eines Maßstabes zu verschiebenden 2-mg-Radiumpräparats *A*. Die Entfernung von *A′* war so bemessen, daß eine Kompensation der Aufladung eintrat, wenn *A* etwa einen halben Meter von *I′* Abstand hatte. Die Genauigkeit der Einstellung war infolge kleiner, mir nicht recht erklärlicher Schwankungen derselben nicht auf mehr als 2 Proz. zu treiben, d. h. die Kompensationsstellung von *A* war auf ca. 1 cm festzulegen. Es konnte zwar eine Verschiebung von *A* um 2—3 mm oft gut am Elektrometer konstatiert werden, aber die Kompensationsstellung schwankte fortdauernd um mehr als diesen Betrag. Vielleicht kann Sekundärstrahlung der bewegten Luft daran schuld gewesen sein. Eine Erregung des Elektromagneten, der die β-Strahlen des *Me* auf den Pol *S* bzw. die vor diesem aufgestellten Reflektorplatten *R* konzentriert, hatte nun bei dieser Anordnung einen, wenn auch schwachen, so doch deutlichen Effekt, der kaum anders als durch eine γ-Strahlerzeugung durch die konzentrierten β-Strahlen zu deuten sein dürfte. Um wieder Kompensation herzustellen, mußte nach Erregung des Magneten das Radiumpräparat *A* um etwa 3 cm der Kammer *I′* genähert werden. Einen Unterschied bei verschiedenen Reflektormetallen konnte ich nicht beobachten. Nur wenn kein Reflektor angebracht war, so

1) Phil. Mag. 15, 638, 1908.

daß die β-Strahlung des *Me* auf den kartonbezogenen Pol *S* konzentriert wurde, oder wenn über den Metallreflektor ein Kartonblatt gedeckt wurde, war eine deutliche Abnahme des Effekts auf etwa die Hälfte zu konstatieren.

### Intensitätsverhältnis der erregten γ-Strahlung zur primären γ-Strahlung.

Das Verhältnis der durch die gesamte β-Strahlung des Mesothoriums an einem Reflektor erregten γ-Strahlung zu der gesamten primären γ-Strahlung des Mesothoriums wurde auf folgende Weise ermittelt. Das *Me*-Präparat sowie die Substanz *A'* wurden entfernt, und der Gang des Elektrometers beobachtet, der durch *A* veranlaßt wurde, wenn es sich in der vorherigen Entfernung 50 cm von *I'* befand. Derselbe betrug 0,16 Skalenteile pro Sek. Die erregte γ-Strahlung entsprach einer Entfernungsänderung von *A* um 3 cm. Ohne großen Fehler wird man ein quadratisches Entfernungsgesetz für die Intensität annehmen können; die Wirkung von *A* ändert sich hiernach bei der Entfernungsänderung um 12 Proz. Demnach würde die erregte γ-Strahlung durch die Ionisation in *I* einen Elektrometergang von 12 Proz. von 0,16 Skalenteilen, d. i. 0,02 Skalenteile, verursacht haben. Wurde jetzt *A* aus der Anordnung entfernt und dafür das *Me*-Präparat an die Stelle des Reflektors, also nach *R*, gebracht, mit der Front des Präparats nach der Ionisationskammer *I* gerichtet, so betrug der Elektrometergang 38 Skalenteile pro Sek. Dieser Wert konnte nicht direkt festgestellt werden, weil der Gang viel zu schnell für eine Beobachtung war. Es wurde aus Beobachtung der Fadengeschwindigkeit bei mehreren größeren Entfernungen des Präparats (der Elektromagnet wurde dabei entfernt) extrapoliert. Die beobachtete erregte γ-Strahlung, als Bruchteil der gesamten primären γ-Strahlung des Mesothoriums ausgedrückt, beträgt demnach $\frac{0{,}02}{38}$, d. i. rund ein halbes Tausendstel. Unter der Annahme, daß durch den Magneten die gesamte nach einer Halbkugel verlaufende, also die Hälfte der totalen β-Strahlung auf den Reflektor geworfen wird (die aus den geometrischen Abmessungen sich berechnenden 10 Proz. der β-Strahlung, die bereits ohne Erregung des Magneten auf den Reflektor fallen, können bei dieser Überschlagsrechnung außer acht gelassen werden), so würde aus den beschriebenen Versuchen folgen, daß die gesamte β-Strahlung des Mesothoriums, auf einen Metallreflektor treffend, an diesem eine γ-Strahlung erregt, die ungefähr ein Tausendstel der eigenen primären γ-Strahlung des Mesothoriums beträgt.

### Erregte γ-Strahlen im Raum hinter dem Reflektor.

Wenn man die entstehenden γ-Strahlen als eine elektromagnetische Impulsstrahlung ansieht, so wäre bei der großen Geschwindigkeit der erregenden Elektronenstrahlen nach der Sommerfeldschen Impulstheorie der Röntgenstrahlen ein Intensitätsmaximum in der Richtung zu erwarten, die mit dem erregenden β-Strahl einen spitzen Winkel einschließt. Es wurde darum der Versuch gemacht, ob hinter einem Metallschirm, auf welchen die β-Strahlen des Mesothoriums fallen, vielleicht ein wesentlich größerer Betrag erregter γ-Strahlung sich zeigt. Es ist mir bei diesem Versuch indessen überhaupt nicht geglückt, eine erregte γ-Strahlung wahrzunehmen. Die elektrometrische Anordnung war die gleiche wie vorher, die Anordnung von Magnet, Strahlenquelle und dem als Antikathode dienenden Metallschirm *R* die in Fig. 2 skizzierte.

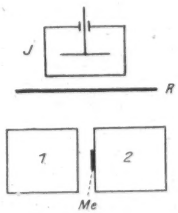



Fig. 2.

Die Polschuhe des Magneten wurden dicht zusammengeschoben, der eine *1* kartonbeklebt, am anderen *2* das *Me*-Präparat befestigt, mit der Front nach *1* gerichtet. Zwischen Präparat und Pol *1* nur noch ein schmaler Luftschlitz. Seitlich nahe am Magnet die Ionisationskammer, davor der Metallschirm, dessen Dicke so gewählt war, daß er β-Strahlen gerade nicht mehr in wahrnehmbarer Menge hindurchließ. Wurde der Magnet so erregt, daß *1* und *2* entgegengesetzte Pole waren, so traten seitlich gar keine β-Strahlen und nur wenig γ-Strahlen aus. Wurde aber *1* oder *2* umgepolt, so daß gleichwertige Magnetpole einander gegenüberstanden, so wurden die β-Strahlen scheibenförmig herausgebogen und zum Teil auf den Metallschirm geworfen, der auf diese Weise einer recht intensiven β-Bestrahlung ausgesetzt war. Sobald der Schirm genügende Dicke hatte, um β-Strahlen nicht hindurchzulassen (Aluminium 3 mm, Blei 1,5 mm),

war keine auf eine γ-Strahlerregung deutende Änderung der Kompensationsstellung des Radiumpräparats $R$ bei Erregung des Magneten erforderlich. Weil bei dieser Anordnung nur ein sehr viel kleinerer Teil der β-Strahlung des $Me$ auf den Metallschirm fällt, ist allerdings die Empfindlichkeit des Nachweises eine sehr viel geringere als bei den vorigen Versuchen im Raume vor dem Reflektor.

### Zusammenfassung.

Die Gesamtheit der von einem Mesothoriumpräparat ausgehenden β-Strahlen erregt, auf einen Metallschirm treffend, eine γ-Strahlung, deren Intensität rund ein Tausendstel derjenigen der Eigen-γ-Strahlung des Präparats ist. Bei dieser Angabe ist eine allseitig gleiche Strahlung vorausgesetzt.

Die Versuche erstrecken sich nur auf eine γ-Strahlung, die durch 3 mm Aluminium nicht wesentlich geschwächt wird. Eine eventuelle weiche γ-Strahlung ist also nicht berücksichtigt.

Greifswald, Physikalisches Institut der Universität, September 1913.

(Eingegangen 30. September 1913.)

## Über Absorptionsmessungen an β-Strahlen.

Von H. Starke.

Im Anschluß an die vorhergehende Mitteilung sei eine kurze Bemerkung über Absorptionsmessungen gestattet, zu denen mich einige gelegentlich der vorigen Untersuchung gemachte Beobachtungen veranlassen. Auf der letztjährigen Naturforscherversammlung zu Münster hat Herr Alois Brommer[1]) über Versuche im Wiener Radiuminstitut berichtet, welche den großen Einfluß zeigen, den die äußere Versuchsanordnung, insbesondere die Umgebung der Apparate auf Absorptionsbestimmungen an γ-Strahlen hat. In einer eingangs gemachten Bemerkung wurde dort darauf hingewiesen, daß diese Komplikation nicht aufträte bei Messungen an β- und α-Strahlen, welche in Absorptionskonstante und Reichweite bestimmte charakteristische Konstante besäßen. Herr Brommer hat gezeigt, daß bei Messungen an γ-Strahlen die Stellung des Absorptionsschirmes sehr für den erhaltenen Wert des Absorptionskoeffizienten maßgebend ist. Bei einer aus Strahlungsquelle, Absorptionsschirm und Elektrometer mit Ionisationskästchen bestehenden Anordnung wurden an letzterem je nach der Stellung der absorbierenden Platten verschiedene Intensitäten festgestellt. „Wurden die Absorptionsschichten nur ein wenig vom Präparat entfernt, so war damit ein sehr merklicher Anstieg der Intensität verbunden, der sich allmählich verflachte und ein schwach ausgeprägtes Maximum in etwa zwei Drittel der Entfernung Präparat—Meßapparat erreichte, um dann wieder ziemlich rapid abzufallen und schließlich bei vollständiger Annäherung der Platten an den Ionisationsraum noch unter den Anfangswert herabzusinken.“ Die Erscheinung wird durch die aus der Umgebung kommende Sekundärstrahlung erklärt.

Einen ganz ungemein großen Einfluß der Stellung des Absorptionsschirmes habe ich nun — damals noch in Unkenntnis der Wiener Untersuchung — auch bei β-Strahlen konstatiert. Derselbe ist auch aus zerstreuter oder sekundärer Strahlung zu erklären, welche zum Teil wohl aus der weiteren Umgebung stammt, in der Hauptsache indessen vom absorbierenden Schirm selbst herrührt. Da die von mir an β-Strahlen beobachtete Erscheinung sich ganz anders zeigt, als die von Herrn Brommer an γ-Strahlen verfolgte, so seien die Beobachtungen im folgenden mitgeteilt.

Versuchsanordnung. Das bleigepanzerte Fadenelektrometer mit aufgesetzter kleiner Ionisationskammer, deren strahleinlassende Öffnung von 2 cm Durchmesser mit 0,01 mm dicker Aluminiumfolie verschlossen ist, stand auf hohem Stativ so, daß die Öffnung sich 80 cm über der Tischplatte befand. Unmittelbar vor dem Elektrometer stand auf dem Tisch noch eine große schützende Bleiplatte. In ein in deren Mitte gebohrtes Loch ragte die Ionisationskammer mit ihrer Öffnung gerade hinein. Präparat (10 mg Mesothorium) und Absorptionsschirm (Aluminiumblech 40 × 40 cm) hingen, um Stative oder dergleichen wegen ihrer Sekundärstrahlung zu vermeiden, an ausgespannten Fäden frei davor.

Beobachtungen. In den folgenden Tabellen geben die Zahlen die Zeit in Sekunden, die zwischen den Durchgängen des mikroskopisch beobachteten Fadens durch zwei bestimmte Teilstriche der Okularskala vergeht. Dieselben sind dem Ionisationsstrom oder der Intensität der ins Elektrometer gelangenden Strahlung umgekehrt proportional.

Tabelle I.

| Schirmstellung | Dicke des Schirms 0,3 mm | 1 mm |
|---|---|---|
| Dicht am Präparat . . . | 40″ | 110″ |
| Dicht am Elektrometer . . | 70 | 131 |
| Mitten zwischen beiden . . | 55 | 120 |

Ohne Schirm: 30″.

Entfernung Präparat—Elektrometer 20 cm.

1) Verh. d. Deutsch. Phys. Ges. 14. 903, 1912; diese Zeitschr. 13, 1037, 1912.

Tabelle II.

| Schirmstellung | Dicke des Schirms | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0,3 mm | 1 mm | 3 mm | 4,5 mm |
| Am Präparat . . . | 16″ | 38″ | 77″ | 89″ |
| Am Elektrometer . . | 25 | 50 | 83 | 93 |
| Mitten zwischen beiden | 20 | 42 | 80 | 90 |

Ohne Schirm: 8,5″.

Entfernung Präparat — Elektrometer 10 cm.

Die Tabellen zeigen, daß mit wachsender Schirmdicke der Unterschied bei den verschiedenen Schirmstellungen immer mehr und mehr verschwindet. Vergleich der Tabellen I und II läßt ferner erkennen, daß der absorbierende Einfluß des Schirms bei kleinerem Abstand von Strahlenquelle und Elektrometer ein größerer ist. Dies zeigt deutlich die folgende Messungsreihe, in welcher der Aluminiumschirm von 0,3 mm Dicke direkt am Elektrometer eingeführt wurde:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ohne Schirm . . | 2,2″ | 4″ | 6,5″ | 12,5″ | 20″ | 46″ |
| Mit Schirm . . . | 9,5 | 14 | 22 | 37 | 50 | 110 |
| Quotient . . . | 4,3 | 3,5 | 3,4 | 3,0 | 2,5 | 2,4 |

Während also bei sehr kleinem Abstand die Intensität auf weniger als den vierten Teil sinkt, findet bei größerer Entfernung nur eine Schwächung im Verhältnis 2,4 : 1 statt.

Einen deutlichen Beweis dafür, daß die Zerstreuung der Strahlung durch den Schirm eine wesentliche Ursache für den Einfluß der Schirmstellung ist, gibt folgender Versuch: Es wurde in die Mitte zwischen Präparat und Elektrometer ein großer Bleischirm von etwa 1 cm Dicke gestellt, der in der Verbindungslinie beider ein kreisrundes Loch $L$ von der Größe der Elektrometeröffnung hatte. Wurden jetzt die Entladungszeiten bei verschiedenen Schirmstellungen gemessen, so ergab sich folgendes veränderte Bild:

| | |
|---|---|
| Ohne Schirm . . . . . | 11″ |
| Mit Schirm am Präparat . . . . . | 21 |
| „ „ „ Elektrometer . . . . . | 38 |
| „ „ an $L$ . . . . . | 51 |
| „ „ mitten zwischen $L$ und Präparat . . | 46 |
| „ „ „ „ $L$ „ Elektrometer | 45 |

Wie nach geometrischer Überlegung zu erwarten, blieb die Entladezeit ohne Schirm auch 11″, wenn der große Bleischirm entfernt wurde. Die Erklärung obiger Beobachtungsreihe dürfte folgende sein. Ist der Schirm nahe dem Präparat, so gelangt die an ihm bis zu einem gewissen Kreisdurchmesser erregte Sekundär- oder Zerstreuungsstrahlung durch das Diaphragma nach dem Elektrometer. Daher wird in diesem eine verhältnismäßig große Intensität beobachtet. Befindet sich der Schirm vor der Elektrometeröffnung, so gelangt außer der geradlinig hindurchgehenden Strahlung auch die zerstreute in die Ionisierungskammer. Die letztere geht aber zum größten Teil dem Elektrometer verloren, wenn sich der Absorptionsschirm bei $L$ befindet. Deshalb die ganz besonders große Intensitätsschwächung bei dieser Lage des Schirms. Durch naheliegende Versuche unter Abblendung der direkten Strahlung ins Elektrometer ließ sich die zerstreute Strahlung leicht nachweisen.

Bei Absorptionsmessungen dürfte es das Richtigste sein, den absorbierenden Schirm unmittelbar vor die Ionisationskammer zu stellen und letztere vor der zerstreuten Strahlung der außerhalb liegenden Schirmteile zu schützen.

Greifswald, Physikalisches Institut der Universität, September 1913.

(Eingegangen 30. September 1913.)

## Bemerkung zu der Arbeit von M. Laue: Die dreizählig-symmetrischen Röntgenstrahlaufnahmen an regulären Kristallen.

Von P. P. Ewald.

In der oben genannten Arbeit[1]) wird von M. Laue die Interferenzfigur 7 auf Tafel III der ursprünglichen Publikation von W. Friedrich, P. Knipping, M. Laue[2]) diskutiert, indem die Theorie der dreizählig-symmetrischen Aufnahme auf die allgemeinere Theorie der Interferenzen von hexagonalen Kristallen zurückgeführt wird. Diese Theorie wird von Laue im ersten Abschnitt der Arbeit entwickelt und der Übergang zum regulären Kristall, der längs einer Würfeldiagonale durchstrahlt wird, geschieht vermittels eines besonderen Kunstgriffes. Eines der auffallendsten Ergebnisse dieser Rechnung ist, daß in vielen Fällen zwölffache Punkte auftreten müssen, d. h. daß die Existenz eines Punktes die von 11 anderen bedingt. Diese Symmetrie ist darum verwunderlich, weil die Würfeldiagonale eine Achse dreifacher Drehungssymmetrie und sechsfacher aus Drehung und Spiegelung zusammengesetzter Symmetrie ist, so daß für das Photogramm höchstens 6 Punkte durch die Kristallsymmetrie bedingt erscheinen. Das gleiche liefert die Betrachtung der Symmetrieebenen: die Würfeldiagonale liegt nur in drei Symmetrieebenen, so daß wiederum nur 6 Punkte einander bedingen.

Es ist nun einfach, das Lauesche Resultat ohne den Umweg über die Theorie des hexagonalen Kristalles aus den alten Formeln für den kubischen Kristall abzuleiten und dadurch die dreizählige Aufnahme enger an die bis-

1) M. Laue, Ann. d. Physik **42**, 397, 1913.
2) Sitzungsber. K. Bayr. Akad. München 1912, S. 303.

herigen Diskussionen anzuschließen. Dabei läßt sich mit Vorteil die geometrische Konstruktion der Interferenzrichtungen benutzen, die ich früher angegeben habe[1]). Sie besteht für den kubischen Kristall in folgendem: In einem kubischen Gitter (dem Gitter der Ordnungszahlen $h_1$, $h_2$, $h_3$ von Laue) trage man entgegen der Einfallsrichtung des Röntgenstrahls eine Strecke proportional $a/\lambda$ ab; um den Endpunkt dieser Strecke und durch den Nullpunkt des Gitters lege man die Kugel. Liegen auf der Kugeloberfläche Gitterpunkte, so gibt die Verbindung vom Kugelmittelpunkt nach diesen Punkten die Richtung der Interferenzstrahlen an.

Im Fall der dreizähligen Aufnahme ist der einfallende Strahl wie die Körperdiagonale eines Elementarwürfels gerichtet. Der Mittelpunkt der Kugel in der geometrischen Konstruktion

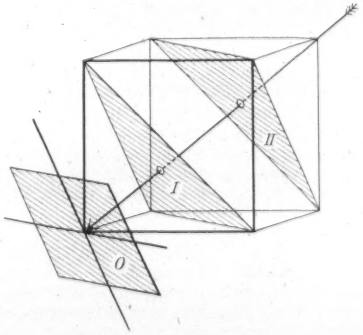



Fig. 1.

liegt ebenfalls in der Richtung dieser Diagonalen des Konstruktionsgitters; und daher entsprechen zusammengehörigen Interferenzpunkten, welche unter gleichen Winkeln gegen die Einfallsrichtung entstehen, solche Gitterpunkte $h_1$, $h_2$, $h_3$, welche ebenfalls symmetrisch zur Würfeldiagonalen, d. h. auf einer Oktaederebene $(111)$, liegen.

Die Symmetrie des Interferenzbildes ist also die gleiche wie die Symmetrie des Schnittes des kubischen Gitters mit einer Oktaederebene.

Zeichnet man einen Teil des Gitters auf, so erkennt man leicht, daß es nur drei Arten von solchen Ebenen gibt, welche überhaupt Gitterpunkte enthalten. Die drei ersten Ebenen gehen durch die Punkte (000) (Ebene O), ferner durch [(100), (010), (001)] (Ebene I) und durch [(011), (101), (110)] (Ebene II). Die nächste Ebene, welche durch Punkt (111) geht, ist gleichwertig mit Ebene O. In Fig. 1 ist der erste Würfel des Gitters mit der Körperdiagonale gezeichnet und die drei Ebenen O, I, II sind eingetragen. Auf allen drei Arten von Ebenen wird durch die Netzebenen des Gitters das gleiche Muster ausgeschnitten, nämlich eine Einteilung der Ebene in reguläre Dreiecke. Für die Ebenen I und II ist dies aus Fig. 1 zu sehen, und die Ebenen O haben die gleiche

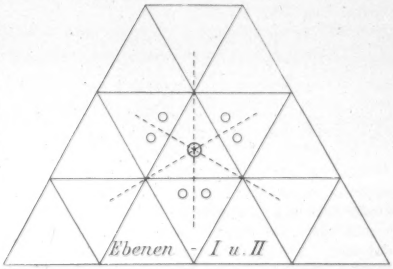



Fig. 2.

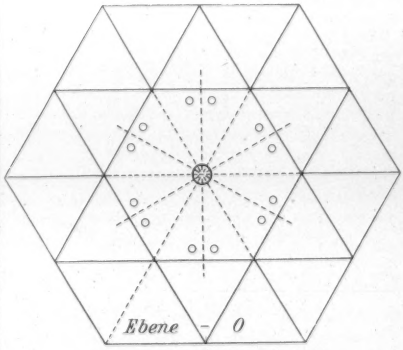



Fig. 3.

Einteilung, da sie in bezug auf das Gitter den Ebenen I und II völlig gleichwertig sind. Der einzige Unterschied der Ebene O von den Ebenen I oder II liegt darin, daß die Körperdiagonale, welche die Symmetrieachse sein soll, die Ebenen I und II im Schwerpunkt eines

1) Diese Zeitschr. 14, 465, 1913.

Dreiecks (Fig. 2), Ebene O aber im Eckpunkt eines Dreiecks durchstößt (Fig. 3). Im Schwerpunkt schneiden sich drei Symmetrielinien des Dreiecknetzes (in den Figuren punktiert), im Eckpunkt sind es deren sechs. Daher geben die Ebenen I und II (im allgemeinen) sechsfache, die Ebenen O zwölffache Punkte.

Die Gleichung einer Oktaederebene in den Koordinaten $(h_1, h_2, h_3)$ ist $h_1 + h_2 + h_3 = c$, wo die Konstante $c$ den Abschnitt der Ebene auf einer Achse (z. B. $h_1$) bedeutet. Da die gesamte Schar der Ebenen O, I, II entsteht, wenn $c$ alle ganzzahligen Werte durchläuft, und jede dritte Ebene, anfangend mit $c = 0$, eine Ebene der Art O ist, so lautet die Bedingung für zwölffaches Auftreten eines Punktes

$$h_1 + h_2 + h_3 = 3n,$$

wo $n$ ganzzahlig. Diese Bedingung ist identisch mit Laues Bedingung, „daß $H_c$ durch 3 teilbar sei". Denn nach Laues Formeln (22) ist $H_c = h_1 + h_2 + h_3$.

Die zwölf Punkte liegen in gleicher Entfernung $\sqrt{h_1^2 + h_2^2 + h_3^2}$ vom Nullpunkt des Gitters, so daß ihre Helligkeit, welche von dieser Größe abhängt, dieselbe ist.

Inhalt: Die von M. Laue gefundene Bedingung für das zwölffache Auftreten von Interferenzpunkten bei der dreizähligen Würfelaufnahme wird ohne Zurückführung dieser Aufnahme auf das hexagonale System abgeleitet.

München, Institut für theoretische Physik. September 1913.

Anmerkung bei der Korrektur. Ein Brief von Professor G. Wulff an Herrn Professor A. Sommerfeld veranlaßt mich, folgenden einfachen algebraischen Beweis zuzufügen, der durch Herrn Wulffs Betrachtungen angeregt worden ist. Der Neigungskosinus eines Interferenzstrahls gegen den primären Strahl ist

$$1 - \frac{1}{2}(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2)\frac{\lambda^2}{a^2},$$

also durch $(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2)$ bestimmt. Ist nun $h_1 + h_2 + h_3 = 3n$, so läßt sich diese Quadratsumme auch schreiben

$$h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 = (h_1 + h_2 - n)^2 + (2n - h_1)^2 + (2n - h_2)^2,$$

d. h. die Summe ist dann auf zwei verschiedene Arten in 3 Quadrate zerlegbar. Jede Zerlegung liefert ein Indextripel, das wegen der Gleichwertigkeit der Koordinatenachsen 6 Punkte darstellt; beide Zerlegungen zusammen geben also 12 Punkte.

(Eingegangen 6. September 1913.)

## Zur Optik der Raumgitter.

Von M. v. Laue.

In einer schon vor einem halben Jahr erschienenen, jetzt auch in dieser Zeitschrift abgedruckten Abhandlung wendet sich Herr Ornstein[1]) gegen meine Theorie der Interferenzerscheinungen an Raumgittern. Wenngleich ich aus ihr nicht habe ersehen können, welche Gründe er gegen diese vorzubringen hat, will ich dennoch meine Gründe gegen seine Theorie hier auseinandersetzen.

1. Es handelt sich bei dem ganzen Problem um die Ausführung einer dreifachen Summe, da über alle Wellen zu summieren ist, die von den Atomen in einem gewissen räumlichen Bereich ausgehen. Ich habe diese Summe seinerzeit als Produkt von drei einfachen Summen berechnet; Herr Ornstein hingegen führt sie zunächst über eine zweifache Mannigfaltigkeit, nämlich über alle Atome einer gewissen Ebene aus. Darin kann kein wesentlicher Unterschied zwischen den Theorien liegen, da nach wohlbekannten algebraischen Sätzen die Reihenfolge der Summanden für den Wert der Summe nichts ausmacht. Das zeigt sich auch sehr bald. Denn die Formeln, die Herr Ornstein für die Lage der Maxima findet, stimmen mit den entsprechenden bei mir, wie Herr Ornstein selbst ausführt, völlig überein; alle Unterschiede sind solche der Bezeichnung. Trotzdem schreibt Herr Ornstein am Anfang seiner Arbeit, daß es „außerhalb der Laueschen Kegel noch andere Maxima gibt", und macht sich anheischig, diese „herauszubringen". Logik? Diese wird auch durch die spätere Einschränkung nicht gerettet, daß „unter den Laueschen Maxima unter bestimmten Voraussetzungen auch derartige durch Spiegelung zu erklärende Maxima vorkommen". Gerade aus der völligen Übereinstimmung der beiden in Rede stehenden Formelsysteme folgt zwingend, daß sich alle meinen Formeln gehorchende Interferenzmaxima als an einer kristallographischen Ebene „gespiegelt" auffassen lassen, und daß umgekehrt alle durch „Spiegelung" zu erklärende Maxima auch meinen Formeln genügen.

2. Soweit herrscht eine völlige, wenn auch von Herrn Ornstein verkannte Übereinstimmung zwischen ihm und mir. Das hört aber auf, sowie es sich um die dritte der erforderlichen Summationen handelt. Wie sich die bei Herrn Ornstein abspielt, vermag ich aus seiner Arbeit nicht zu ersehen. Klar ist mir nur geworden, daß dort eine Verwechselung der Begriffe

1) L. S. Ornstein, Amsterdam Proc. 1913, S. 1223; diese Zeitschr. **14**, 941, 1913.

„Kohärenz" und „Interferenz mit ganzen Wellenlängen Gangunterschied" vorliegt. Die so entstandene Verwirrung geht so weit, daß mir nicht einmal eine klare Widerlegung seines Gedankenganges möglich erscheint. An seinem Ergebnis, daß eine gewisse Dichte der Belegung notwendige Bedingung für das Spiegeln einer Fläche ist, wird wohl etwas Wahres sein. Aber das kann für einfarbige Strahlung, wie aus einer der jüngst erschienenen Arbeiten von Debye[1]) hervorgeht, nur als eine Folge der Wärmeschwingungen verstanden, aber niemals aus den Voraussetzungen der Ornsteinschen Arbeit gefolgert werden.

1) P. Debye, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 738, 1913. Der Debyesche Temperaturfaktor läßt sich nämlich für beliebige Raumgitter und für beliebige Richtung des einfallenden Strahls in die Form bringen:

$$e^{-\frac{4\pi^2 k T n^2}{f \, d^2}}$$

wo $d$ den Abstand der den in Rede stehenden Interferenzpunkt „spiegelnden" Netzebenen, $n$ die Ordnungszahl dieses Interferenzmaximums, $k$ den Boltzmannschen Faktor, $T$ die absolute Temperatur bedeutet.

Zürich, Oktober 1913.

(Eingegangen 1. Oktober 1913.)

## Der Einfluß von Gas und Elektrodenmaterial bei kurzen Metallfunkenstrecken.

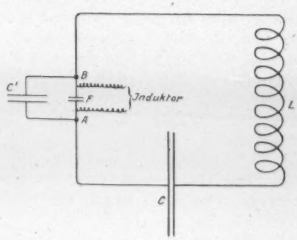
(Vorläufige Mitteilung.)

Von E. Taege.

a) Im folgenden seien kurz die Resultate einer Arbeit mitgeteilt, die auf Anregung von Herrn Prof. Dr. Zenneck unternommen wurde, und die später als Dissertation veröffentlicht werden soll. Das Ziel dieser Arbeit war es, zu untersuchen, ob für das verschiedene Verhalten der Metalle und Gase hinsichtlich ihrer Löschwirkung chemische Einflüsse das Ausschlaggebende sind, oder ob ihre physikalischen Eigenschaften zur Erklärung ihrer Wirkung ausreichen.

b) Die benutzte Anordnung bestand in der extrem festen Koppelung von zwei sehr stark verstimmten Systemen in der Form wie sie die Figur zeigt. Als Primärsystem (I, Stoßkreis) ist hier der Kreis $AFBLC$ aufzufassen, als Sekundärsystem (II) der Kreis $AC'BLC$. $F$ war eine Plattenfunkenstrecke aus dem zu untersuchenden Metall, durch die verschiedene Gase hindurchgeleitet werden konnten.

Bei kleiner Funkenlänge liefert diese Anordnung die Eigenschwingungen der Kreise I ($AFBLC$) und II ($AC'BLC$). In einem mit diesen Schwingungssystemen lose gekoppelten




Meßkreise wurde der Stromeffekt $\alpha$ gemessen, und zwar einmal ($\alpha_I$) bei Abstimmung auf den Kreis I, sodann ($\alpha_{II}$) bei Abstimmung auf Kreis II. Das Verhältnis $\alpha_{II}/\alpha_I$, das um so größer ausfällt, je größer der Bruchteil der Gesamtenergie ist, der dem Sekundärsystem II zugute kommt, wurde als Maß für die „Löschwirkung" der betreffenden Funkenstrecke definiert.

c) Untersucht wurden die Metalle Messing, Kupfer, Silber, Platin, Nickel, Zink, Aluminium, Magnesium in den Gasen: Luft, Sauerstoff, Stickstoff, Methan, Leuchtgas, Wasserstoff, Ammoniak und Chlor.

d) Vorerst bestätigte sich auch bei dieser Anordnung die bei anderen Anordnungen gemachte Erfahrung, daß die Löschwirkung mit Verkleinerung der Funkenlänge sehr stark zunimmt, und zwar bei allen untersuchten Metallen und in allen Gasen.

e) Als Reihenfolge der Gase, geordnet nach zunehmender Löschwirkung, ergab sich: Chlor, Stickstoff, Luft, Sauerstoff, Ammoniak, Methan, Leuchtgas, Wasserstoff. Die Löschwirkung ist für alle Metalle um so besser, einen je größeren Wert das Wärmeleitvermögen und die Ionenbeweglichkeit des Gases besitzt. Ein Grund für die Annahme, daß bei der Löschwirkung chemische Reaktionen zwischen den Metalldämpfen und den umgebenden Gasen eine ausschlaggebende Rolle spielen, liegt nach diesen Resultaten nicht vor.

f) Die Anwesenheit von Dämpfen in einem Gase erhöht die Löschwirkung, und zwar war diese Erhöhung wesentlich dieselbe für alle untersuchten Dämpfe, nämlich solche von Wasser, Benzol, Alkohol und Kohlenstofftetrachlorid. Die chemische Beschaffenheit des Dampfes scheint also keinen wesentlichen Einfluß auszuüben.

g) Als Reihenfolge der Metalle, geordnet nach zunehmender Löschwirkung, ergab sich — zum Teil in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen —:

$\overline{Mg,}$ $\overline{Al, Ni, Zn,}$ $\overline{Ag, Pt, Cu,}$ Messing.

Die durch eine Klammer zusammengefaßten Metalle sind in ihrer Löschwirkung ungefähr gleichwertig. Der Unterschied zwischen *Mg* und der *Ni*-Gruppe ist dabei bedeutend größer, als der zwischen der *Ni*- und der *Cu*-Gruppe. Die Reihenfolge der Metalle ist für alle Gase ungefähr dieselbe.

Die verschiedene Löschwirkung der Metalle geht weder ihrem verschiedenen Wärmeleitvermögen, noch der Temperaturleitfähigkeit parallel.

h) Zur Klärung der Frage nach dem Grunde für das verschiedene Verhalten der Metalle wurde eine Untersuchung der Funkenstrecken im rotierenden Spiegel vorgenommen. Die Beobachtung und die photographischen Aufnahmen ergaben sowohl bei Wechselstrombetrieb als bei Betrieb mit Unterbrecher und Gleichstrom das folgende. Bei Messing, *Cu*, *Ag*, *Pt*, *Au*, *Pb* erschien im Spiegel das bekannte Bild der Feddersenschen Methode; zwischen den einzelnen Entladungen herrschte völlige Dunkelheit. Bei *Mg* hingegen wurde einmal ein starkes Nachleuchten der Elektroden an den Ansatzstellen des Funkens nach Ablauf jeder Entladung beobachtet — die spektroskopische Betrachtung ergab, daß es sich dabei um ein Nachglühen der Elektroden handelte —, sodann aber vor allem ein Auftreten von „Nachzüglern", d. h. Entladungen von viel kleinerer Amplitude nach jeder Hauptentladung. Elektroden aus *Zn* und *Sn* nahmen eine gewisse Mittelstellung ein: sie zeigten ein schwaches Nachglühen, doch fehlten die Nachzügler vollkommen.

Auch bezüglich der Ansatzstelle des Funkens zeigte sich ein wesentlicher Unterschied zwischen der *Cu-Ag*-Gruppe einerseits und *Mg* andererseits. Bei den Elektroden der ersten Gruppe wechselt die Ansatzstelle des Funkens schon während des Ablaufs einer einzigen Entladung, bei *Mg* hingegen bleibt der Funken stets an derselben Stelle, und zwar häufig nicht nur auf die Dauer einer Entladung.

i) Die unter h beschriebenen Beobachtungen finden durch die Annahme ihre Erklärung, daß der Grund für das verschiedene Verhalten der Metalle in ihrer verschiedenen Elektronenemission zu suchen ist. Diese Annahme wird auch nahe gelegt durch Beobachtungen auf anderem Gebiete: die verschiedene Elektronenemission der Metalle beim lichtelektrischen Effekt und der glühenden Metalloxyde beim Wehneltеffekt. Diese Erscheinungen legen die Vermutung nahe, daß die unter h beschriebenen Erscheinungen in noch stärkerem Maße als bei *Mg* bei *Ca* auftreten müßten. Diese Vermutung hat sich in der Tat bestätigt: sowohl das Nachglühen der Elektroden an den Ansatzstellen des Funkens, als auch die Häufigkeit der Nachzügler ist bei *Ca* besonders groß.

k) Die unter h und i besprochenen Beobachtungen machen es in höchstem Maße wahrscheinlich, daß auch der Grund für die verschiedene Löschwirkung der Metalle in der Anordnung von Fig. 1 in ihrer verschiedenen Elektronenemission zu suchen ist.

Diese würde auch ohne weiteres die verschiedene Wirkung der Metalle bei der gewöhnlichen Löschfunkenanordnung (Koppelung von zwei abgestimmten Systemen) sowie eine Reihe von anderen Beobachtungen bezüglich des Funkendekrements, des zeitlichen Verlaufs der Spannung an der Funkenstrecke, der Änderung der Frequenz durch die Funkenstrecke usw. erklären.

Bezüglich der Literatur und der Einzelheiten verweise ich auf die ausführliche Arbeit.

Danzig-Langfuhr, Physikalisches Institut der Techn. Hochschule, September 1913.

(Eingegangen 13. September 1913.)

## Kurvenform des magnetischen Induktionsflusses sehr dünner Eisenbleche bei Hochfrequenz in Abhängigkeit von der Blechstärke (Einfluß des magnetischen Hauteffekts).

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt.

Von H. Faßbender und E. Hupka.

(Mit Tafel XLVIII.)

Die Verfasser hatten seiner Zeit ein Verfahren ausgearbeitet, um ferromagnetische Substanzen bei Hochfrequenz magnetisch zu untersuchen[1]). Sie hatten gezeigt, daß man sich bei diesen Messungen keineswegs mit Effektivwerten begnügen kann, sondern daß auch die Kenntnis der Kurvenform der Feldstärke und der Induktion, d. h. der ganzen dynamischen Magnetisierungskurve erforderlich ist. Ihre Form wird erstens durch die statische Magnetisierungskurve und zweitens durch den Einfluß des magnetischen Hauteffekts bedingt.

Für die vorliegende Untersuchung wurden uns von der Telefunkengesellschaft drei Blechproben von angeblich gleicher chemischer Zusammensetzung, aber verschiedener Dicke (0,03; 0,06 und 0,10 mm) in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt. Im folgenden sollen nun Versuche mitgeteilt werden, welche den Einfluß des magnetischen Hauteffekts auf die

1) Verh. d. D. phys. Ges. **14**, 408—413, 1912; Jhrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph. **6**, 133—146, 1912.

Kurvenform des gesamten Induktionsflusses zeigen. Die Versuchsanordnung war im wesentlichen die von uns früher beschriebene[1]). Als Generator dienten drei in Serie geschaltete Poulsenlampen mit rotierendem Bogen[2]). Die Serienschaltung bei 500 Volt Betriebsspannung war erforderlich, um die nötige Energie zur Deckung der magnetischen Verluste aufzubringen. Aus demselben Grund arbeiteten wir im Primärkreis mit Schwingungen zweiter Art[3]) und stimmten einen Sekundärkreis auf die Grundschwingung des Primärkreises ab. Dieser Kreis enthielt die Blechproben in Form von ausgestanzten Ringen, die mit einer praktisch streuungslosen Wickelung aus ideal verdrillten Litzen[4]) versehen waren. Zum Zwecke der Temperaturkonstanz befanden sich die Eisenringe in einem Petroleumbad. Da die Stromstärke sinusförmigen Verlauf hatte, so galt dies auch von der Feldstärke. Um die Kurvenform des gesamten Induktionsflusses des Toroids (Eisen- + Luftquerschnitt) zu ermitteln, wurde die Kurvenform der Spannung an den Enden der Ringwickelung mit der von uns beschriebenen[5]) Braunschen Röhre aufgenommen. Die Lissajousschen Figuren sind in den Photogrammen 1—6 reproduziert. Der Übersicht wegen sind aus diesen Photogrammen in bekannter Weise die Kurven der Spannung (Fig. 1—6) konstruiert und hieraus durch graphische Integration die Kurven des gesamten Induktionsflusses (Fig. 7—12). Das Verhältnis von Eisen- zu Luftquerschnitt ist bei sämtlichen Ringen das gleiche, so daß die Kurven des gesamten Induktionsflusses untereinander vergleichbar sind. Die Stromstärke war bei sämtlichen Versuchen so gewählt, daß die Feldstärke im Ferricum 30 Gauß betrug. Die Aufnahmen wurden für jede Blechprobe bei vier verschiedenen Frequenzen ($n = 30700$; $n = 55600$; $n = 89700$ und

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

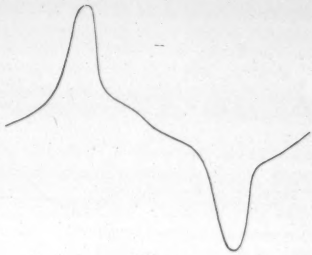


Fig. 4.

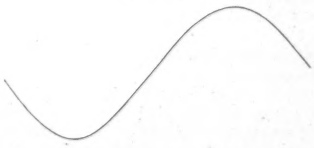


Fig. 5.

Fig. 6.

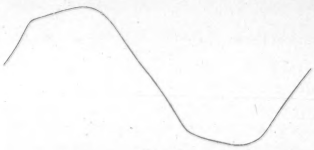


Fig. 7.

1) Jhrb. d. drahtl. Telegr. u. Teleph. 1. c. S. 137—140.
2) R. Lindemann, Verh. d. D. phys. Ges. 11, 28 bis 34, 1909.
3) Diese Zeitschr. 14, 222—226, 1913.
4) R. Lindemann, l. c.
5) Diese Zeitschr. 13, 559—561, 1912.

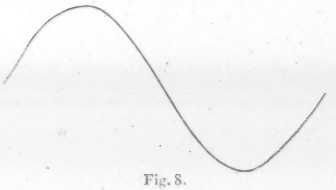


Fig. 8.

Fig. 9.

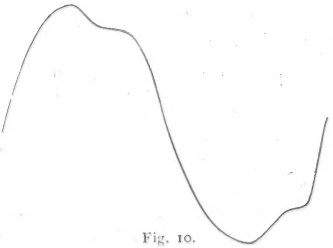


Fig. 10.

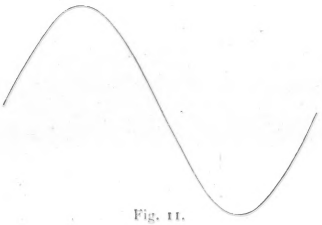


Fig. 11.

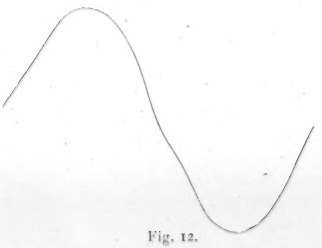


Fig. 12.

$n = 132000$) ausgeführt. Photogramme und Kurven sind nur für die Frequenzen 55600 und 132000 reproduziert.

Tabelle der Photogramme:

| Nr. der Aufnahme | Nr. des Eisenrings | Blechstärke in mm | Frequenz | Wellenlänge in m |
|---|---|---|---|---|
| 1 | VIII | 0,03 | 55 600 | 5390 |
| 2 | VII | 0,06 | | |
| 3 | VI | 0,10 | | |
| 4 | VIII | 0,03 | 132 000 | 2270 |
| 5 | VII | 0,06 | | |
| 6 | VI | 0,10 | | |

Die Photogramme und auch die Kurven zeigen für die verschiedenen Frequenzen relativ geringe Abweichungen. Sehr erheblich differieren jedoch die verschiedenen Blechproben untereinander. Die Blechproben aus dem dünnsten Blech (0,03 mm) zeigen im großen und ganzen den typischen Verlauf der Eisenkurve. Bei der Probe von 0,06 mm Stärke ist die Lissajoussche Figur infolge des magnetischen Hauteffekts zur Ellipse degeneriert. Die Bleche von 0,10 mm Stärke stellen eine Zwischenstufe zwischen den beiden anderen Blechproben dar. Es ist auffällig, daß bei der stärksten Blechprobe der Hauteffekt augenscheinlich eine geringere Wirkung ausübt als bei der Blechprobe von 0,06 mm Stärke. Da sich dieser Befund bei sämtlichen Frequenzen zeigt, dürfte ein Versuchsfehler unwahrscheinlich sein. Um dieses auffällige Resultat weiter sicher zu stellen, wurden diese Versuche auch mit anders dimensionierten Ringen ausgeführt, ohne daß sich eine Änderung zeigte.

Bei derartig dünnen Blechproben und so hohen Frequenzen ist es nicht ausgeschlossen, daß der Walzprozeß die verschiedenen Blechproben verschieden beeinflußt hat. Durch den Walzprozeß wird, wie der Augenschein zeigt, jedes Blech in seiner Oberflächenschicht verändert. Diese Schicht ist außerordentlich dünn, kommt also bei dicken Blechen kaum in Betracht, kann aber bei dünnen Blechen schon einige Prozente der ganzen Dicke betragen. Bei Hochfrequenz steigert sich der Einfluß dieser entarteten dünnen Hautschicht um so mehr, als infolge des magnetischen Hauteffekts die Kraftliniendichte von der Oberfläche nach dem Innern exponential abfällt. Die Kraftlinien werden also prozentisch in viel höherem Maße im veränderten Eisen verlaufen als bei gleichmäßiger Kraftlinienverteilung über den Querschnitt.

Qualitativ muß man aus den vorliegenden Versuchen schließen, daß von anderen Faktoren abgesehen, für die technische Verwendung, z. B. den Bau von Maschinen, die dünnste Blechprobe

wegen des geringen Einflusses des Hauteffekts die geeignetste ist.

(Eingegangen 28. September 1913)

## Torsionswellenmodelle.

Von H. Hausrath.

Auf S. 850 (**14**, 1913) dieser Zeitschr. hebt Barkhausen als einen Vorteil seines Torsionswellenmodells gegenüber dem Juliusschen hervor, daß er den Draht so dünn als irgend möglich wählt, so daß dünne Blechstreifen als Schwingungselemente genügen. Wer das Juliussche Modell im Deutschen Museum in München gesehen hat, wird allerdings damit übereinstimmen, daß diese Konstruktion noch nicht befriedigen kann. Doch scheint mir die Barkhausensche Lösung weniger zweckmäßig als die von mir schon früher erprobten. Da diese bisher noch nicht in einer Zeitschrift beschrieben worden sind, möchte ich wenigstens die Grundgedanken der Konstruktion und ihre Verwendung zu verschiedenen Demonstrationszwecken hier kurz mitteilen.

Das Juliussche Original ist wegen der geringen Dicke des Drahts, die trotz des großen Trägheitsmoments der Schwingungselemente zur Erzielung der erwünschten langsamen Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Impulse gewählt werden mußte, so zerbrechlich, daß an einen Transport ohne weiteres kaum zu denken ist[1]). Dieser Fehler scheint zwar bei dem Barkhausenschen Modell, trotzdem es noch dünneren Draht besitzt, durch die Verwendung dünner und leichter Querstreifen reduziert.

Für ein größeres Auditorium kann dieses Modell aber kaum in Betracht kommen, da die Verbreiterung der sichtbaren Fläche der Streifen, die Barkhausen zur Darstellung der Wellen benutzt, doch nur in einer Ebene des Raums, und auch da in reiner Form nur von einer entfernten Stelle, dem Modell gerade gegenüber sichtbar ist. Ferner muß, damit auf diese Weise überhaupt aus den Augenblicksbildern ein scheinbar ruhendes Schwingungsbild entsteht, wie es die Photographie wiedergibt, eine hohe Schwingungsfrequenz und hiermit auch eine große Fortschreitungsgeschwindigkeit auf dem Draht gewählt werden. Es scheint deshalb kaum möglich, die letztere mit einem einfachen Zeitmesser zur Bestätigung der Beziehung zwischen dieser und der Wellenlänge zu messen und auch die Darstellung der von einem periodisch erregten Ende des Modells bei Unterdrückung der Reflexion am andern Ende ausgehenden Wellen wird so nicht deutlich genug zu demonstrieren sein. Auf diese beiden Demonstrationen wird man aber nicht gern verzichten wollen.

Würde dagegen der Draht so dünn gewählt, daß trotz des geringen Trägheitsmoments der Querstreifen eine sichere Wahrnehmung der Augenblicksbilder und Beobachtung der Geschwindigkeit möglich wird, so fällt nach meinen Versuchen das Modell nicht nur zu zerbrechlich aus, sondern es findet auch leicht eine Überdrehung des dünnen Drahts statt, in deren Folge die Streifen aus einer Ebene treten, und die Schwingungen selbst werden unruhig und verzittert.

Auf einfachste Weise wurde diese Schwierigkeit an einem von mir vor Jahren — ebenfalls in Unkenntnis der Juliusschen Priorität für Torsionswellenmodelle — konstruierten und auf der Ausstellung der Naturforscherversammlung in Karlsruhe 1911 mit ausführlicher Gebrauchsanweisung ausgestellten Modell im wesentlichen dadurch behoben, daß als Träger der Torsionswellen nicht ein runder Draht, sondern ein dünnes Stahlband verwendet wurde. Da bei diesem das Verhältnis von Direktionskraft zum Querschnitt, wie ja von den Galvanometersuspensionen bekannt, geringer ist als bei kreisförmigem Querschnitt, läßt sich die zu den genannten Versuchen erforderliche langsame Fortpflanzungsgeschwindigkeit erreichen, ohne daß die Festigkeit des Modells, selbst bei Ausführung in großen Dimensionen ungenügend wird. Dies ist nach dem folgenden leicht einzusehen.

Bei gegebenem Trägheitsmoment der Querstäbe und gegebenem Material des Trägers hängt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit nur von der Direktionskraft der Torsion des letzteren ab. Das Reziproke dieser Torsionskraft ist für Runddraht vom Radius $r$ proportional $\frac{1}{2} r^4 \pi$ und für Band vom Querschnitt $b \cdot h$ proportional $3{,}6 \left( \frac{1}{h^2} + \frac{1}{b^2} \right)$, wobei für gleiches Material der gleiche Proportionalitätsfaktor gilt. Hieraus ergibt sich z. B. für ein Band von $5 \cdot 0{,}2$ mm, also Querschnitt 1 mm², die gleiche Direktionskraft, also auch die gleiche Wellengeschwindigkeit wie bei einem Runddraht vom Querschnitt 0,18 mm². Das Band wird also mindestens die fünffache Bruchfestigkeit besitzen.

Das genannte Modell ist wie das Juliussche vertikal aufgehängt, aber im Unterschied zu jenem derartig, daß beide Enden frei sind, so daß an ihnen Schwingungsbäuche auftreten, sofern sie nicht durch einfache, am Stativ, einer starken Gasröhre, aufgeschobene Halter fest-

1) Zur Zeit, als ich das Modell sah, war es defekt und nicht zu benutzen.

gehalten und dadurch zu Schwingungsknoten gemacht werden. Es kann so z. B. die Grundschwingung einer unten geerdeten linearen Antenne in der richtigen räumlichen Orientierung dargestellt werden.

Diese Torsions- und praktisch reibungsfreie Aufhängung ist dadurch erreicht, daß die Enden des Stahlbands beiderseits an einer Kette von glatten runden Ringen ausgespannt sind, die so geringe Reibung und Trägheitsmoment besitzen, daß die Schwingung an den Enden durch sie nicht beeinflußt wird.

Das Fehlen einer Gleichgewichtslage des Systems vor Verbindung eines Punkts mit dem Gestell (Erdung) macht es möglich, durch vorherige Ablenkung des Systems aus der bei Erdung eintretenden Gleichgewichtslage eine statische Aufladung, und durch genügend schnelle Zurückführung des unteren Endes in die der Erdung entsprechende Stellung den Vorgang bei der ursprünglichen Marconischen Erregung zu veranschaulichen.

Eine Reihe von festen Ringen, durch die das Stahlband hindurchgeführt ist, erfüllen den Zweck, das System auch beim Transport zu stützen und das Auslöschen der Schwingungen mittels der folgenden Vorrichtung zu erleichtern. Auf beiden Seiten des Systems mit einer Drehachse, die sich möglichst nahe dem Stahlband befindet, sind ebenso hohe, außen versteifte Latten angebracht, die in zurückgeklapptem Zustand die nach hinten stehende Reihe der Querstäbe festhalten und, in eine Ebene aufgeklappt, die hintere Partie des wie sie selbst schwarz gestrichenen Modells verdecken. Auf diesem schwarzen Hintergrund hebt sich die Reihe der an den nach vorn stehenden Enden der Querstäbe angegossenen, weiß lackierten Bleikugeln sehr deutlich ab.

Um ein mechanisches Modell von Wellen zu erhalten, die durch eine schwingende Antenne in den Raum ausgesandt werden, muß man die vom Ende des Modells reflektierte Welle unterdrücken, indem man die ausgesandte Welle so stark dämpft, daß die Amplituden schon vor dem Auftreffen am andern Ende erlöschen. Ein Versuch, die scheibenförmig ausgebildeten Befestigungsstücke der Querstäbe dieses Modells (die sonst einfach auf dem Stahlband aufgelötet werden) durch Senken des Systems mit gleichmäßig verteilten, nach oben federnden Führungsringen in Berührung zu bringen und so die erforderliche Dämpfung herzustellen, ergab kein günstiges Resultat, weil die Schwingung dabei zu sehr gestört wurde. Eine elektromagnetische Dämpfung ließe sich nur mit erheblichem Kosten- und Gewichtsaufwand dadurch erreichen, daß an den hinteren Stabenden horizontal befestigte Scheiben zwischen einer entsprechenden Reihe von starken Elektromagneten schwingen. Dabei müßte aber das System aus den Magnetpolen herausgeklappt werden können, weil der remanente Magnetismus die Demonstration der stehenden Wellen, wenigstens bei der Grundschwingung, zu sehr beeinträchtigen würde. Andererseits ist es für die Demonstration der Ätherwellen und der Wanderwellen in Kabeln erwünscht, daß sich die Erscheinung in horizontaler Ebene abspielt.

Aus diesen Gründen wurde noch ein zweites Torsionsschwingungsmodell konstruiert, das jenes ergänzen soll[1]). Bei diesem ist ein starker Klaviersaitendraht unterhalb eines als Träger des Ganzen dienenden T-Eisens mittels gleichmäßig verteilter Springfedern aufgehängt, die durch Löcher in der nach unten stehenden Mittelschiene des Trägers durchgesteckt sind. Längs dieses Drahts zwischen je zwei Ringen sind an angefeilten Stellen rechteckige Eisenstäbe mittels Schräubchen an ihrem oberen Ende befestigt. Durch jedes dieser Pendel ist nahe ihrem oberen Ende eine Stricknadel durchgezogen, die horizontal (bei ansteigendem Hörsaal besser etwas nach oben gerichtet) vorstehen, und an deren mit Knopf versehenem vorderen Ende Kartonscheiben zur Markierung der Wellenlinien aufgekittet sind. Dieses System wird zur Darstellung der „Ätherwellen" dadurch gedämpft, daß die nach unten hängenden Pendel in einem gleichzeitig als Stativ dienenden mit Wasser gefüllten Trog eingetaucht werden.

Im nicht eingetauchten Zustand schwingt das Modell minutenlang aus, da beim Abrollen des runden Stahldrahts in den Stahlringen praktisch keine gleitende Reibung auftritt. Trotz Verwendung eines runden Drahts ist dieser hier infolge der sicheren Führung und Lagerung vollkommen gegen Beschädigung geschützt. Außerdem kann der Draht ungleich dicker gewählt werden als bei den bisherigen Modellen, da an dem der ganzen Länge nach gestützten Draht viel längere und schwerere Pendel aufgehängt werden dürfen. Ein Mangel besteht bei dem ausgeführten Modell nur darin, daß sich bei starker und schneller Erregung der Pendel am einen Ende die Pendel an dieser Stelle allmählich lockern. Dieser Fehler wäre aber wohl dadurch zu beseitigen, daß man sie durch elektrische Widerstandsschweißung mit dem Draht verbindet.

Zur Herstellung der Grund- und Oberschwingungen sind beide Modelle bei zweckmäßiger Dimensionierung gleich geeignet. Die periodische

1) Vorgeführt in der Sitzung vom 19. Juni 1913 des Naturwissenschaftlichen Vereins Karlsruhe.

Erregung kann wegen der Langsamkeit der Bewegung sehr leicht von Hand erfolgen. An einem als Schwingungsknoten festgelegten Ende erfolgt dies dadurch, daß das zweit- oder drittletzte Element im richtigen Rhythmus leicht angestoßen wird.

Mit dem horizontalen Modell kann man infolge des Umstands, daß jedes Element neben der Torsionskraft auch der Schwerkraft unterworfen ist, den Unterschied zwischen der Fernwirkung eines stationären und eines Strahlungsfelds veranschaulichen. Wird ein Ende dauernd abgelenkt, so nimmt die Ablenkung der benachbarten Elemente schnell bis auf einen unmerklichen Betrag ab, während bei Bewegung dieses Endes die Amplituden der von ihm ausgehenden Wellen nicht bemerkbar abnehmen.

Zu einer Beschreibung und Darstellung der konstruktiven Einzelheiten dürfte hier der Platz fehlen. Den sich dafür Interessierenden bin ich gern bereit sie mitzuteilen.

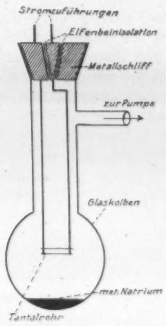
Karlsruhe, Elektrotechn. Institut, 17. September 1913.

(Eingegangen 21. September 1913.)

## Eine Anordnung, um Gase oder Dämpfe auf sehr hohe Temperaturen zu erhitzen.

Von Karl Fredenhagen.

Der Versuch, Alkalimetalle in durchsichtigen Gefäßen auf sehr hohe Temperaturen zu erhitzen, scheitert daran, daß die Alkalimetalle bei hohen Temperaturen Glas und Quarz sehr schnell reduzieren und undurchsichtig machen. Eine Anordnung, welche diesen Versuch auszuführen gestattet ist in nebenstehender Figur skizziert. Die Firma Siemens & Halske, Berlin liefert zu mäßigen Preisen gezogene Tantalröhrchen. Ein solches von 25 mm Länge, 5 mm innerer Weite und 0,1 mm Wandstärke dient als Widerstandsofen und ist an seinen Enden in starke Kupferzuleitungen eingeklemmt. Die Kupferzuleitungen sind mit einem Metallschliff verbunden, der es gestattet, die ganze Anordnung vakuumdicht in einen Glaskolben einzuführen. Die eine Stromzuführung ist direkt mit dem Metallschliff verschraubt, die andere führt isoliert durch ihn hindurch. Als Isolationsmittel dient ein Elfenbeinkonus. Der Glaskolben kann durch eine Pumpe evakuiert und sein unterer Teil durch einen Ofen erhitzt werden. Das Tantalröhrchen läßt sich leicht auf Temperaturen von über 2200° erhitzen, so daß die in ihm befindlichen Dämpfe auf sehr hohe Temperaturen gebracht werden. Blendet man die von den Rohrwandungen kommende Strahlung ab, so




kann man die von dem erhitzten Gase herrührende Strahlung beobachten. Allerdings ist, wie allgemein bei derartigen Metallwiderstandsöfen eine große Stromstärke zur Erhitzung des Ofens, im vorliegenden Falle von über 70 Ampere, erforderlich.

In dieser Anordnung habe ich die Emission von Natriumdampf beobachtet, wobei sich in dem Kolben ein Stückchen metallischen Natriums befand und der ganze Kolben auf 400° erhitzt wurde. Bei hoher Weißglut des Röhrchens sieht man deutlich die *D*-Linien. In der gegenwärtigen Form vermag die Anordnung jedoch nur qualitative Resultate zu liefern, weil die Natriumdampfkonzentration nicht scharf definiert ist, da die Anordnung nicht gestattet, das ganze Rohr auf 400° zu bringen, und weil sich das durch das glühende Tantalrohr bedingte außerordentlich starke Temperaturgefälle in der ganzen Anordnung nur schwer genau bestimmen läßt. Der erste Übelstand wird sich weitgehend beseitigen lassen, wenn man an die Elektrodenzuführungen Platten aus Isolationsmaterial anbringt, welche den Hals einigermaßen abdichten. Das große Temperaturgefälle wird man jedoch schwer vermeiden können.

Leipzig, Theoretisch-physikalisches Institut, Ende September 1913.

(Eingegangen 1. Oktober 1913.)

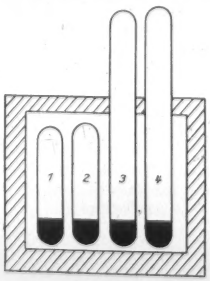
## Über die Beeinflussung der Absorption des Natriumdampfes durch neutrale Gase. (Berichtigung).

Von Karl Fredenhagen.

Im zwölften Jahrgang dieser Zeitschrift, Seite 909, beschrieb ich einige die Dispersion und Absorption des Natriumdampfes betreffenden Versuche. Beide Versuchsanordnungen hatten

das gemeinsame, daß in ihnen das Natrium von einer heißeren zu kälteren Stellen destillieren konnte, und die Dispersionsanordnung war im Prinzip die gleiche, wie sie u. a. von St. Loria[1]) und D. Roschdestwensky[2]) zu ihren Versuchen benutzt wurden. Die Temperaturen wurden durch Thermoelemente bestimmt, die so angebracht waren, daß sie, von einer Schutzhülle umgeben, in das geschmolzene Metall eintauchten. Ich fand nun, daß sowohl bei den Absorptions- wie bei den Dispersionsversuchen Änderungen in dem durch den Natriumdampf bedingten optischen Verhalten eintraten, sobald der in den Versuchsrohren vorhandene Gasdruck geändert wurde, und ich konnte speziell feststellen, daß die optischen Änderungen zeitlich mit den Änderungen des Gasdrucks so eng verbunden waren, daß ein merkliches Nachhinken nicht zu bemerken war. Aus diesem Grunde und weil, besonders bei den Dispersionsversuchen, in nächster Nähe des geschmolzenen Natriums beobachtet wurde, hielt ich es für ausgeschlossen, daß die auftretenden sehr erheblichen optischen Änderungen durch eine mit der Änderung des Vakuums verbundene Änderung der Dichte des Natriumdampfes bedingt seien, und glaubte sie durch eine Beeinflussung der Absorptionsfähigkeit der vorhandenen Natriummoleküle durch die Gase erklären zu müssen. Der im folgenden beschriebene Versuch liefert jedoch den Beweis, daß die auftretenden optischen Änderungen, abgesehen von einer geringen durch den Zusatz der Gase bedingten Verbreiterung der *D*-Linien, einzig und allein durch eine durch die Veränderung des Druckes bewirkte Änderung der Dichte des Natriumdampfes bedingt sind.

In der Figur ist der Durchschnitt eines Ofens mit vier Absorptionsrohren dargestellt. Die ersten beiden Rohre befinden sich völlig im Innern des Ofens, 3 und 4 ragen zur Hälfte




daraus hervor. Die Rohre 1 und 3 sind sorgfältig ausgepumpt, während sich in den Rohren 2 und 4 Helium von 30 mm Druck befindet. Der Ofen wurde auf 400° erhitzt und sorgfältig darauf geachtet, daß im Innern die Temperatur gleichmäßig war. Die Beobachtung, welche ungefähr 1 cm oberhalb des Natriumspiegels erfolgte, ergab nun, daß die Absorption in den Rohren 1 und 2, abgesehen von einer geringen Verbreiterung gleich, im Rohr 4 dagegen etwas und im Rohr 3 ganz erheblich schwächer war. Der Unterschied in den Versuchsanordnungen bei den Rohren 1 und 2 im Vergleich zu 3 und 4 besteht darin, daß die beiden ersten Rohre vollständig gleichförmige Temperatur haben, während bei den Rohren 3 und 4 das Natrium in die oberen kalten Enden herauf destilliert und sich dort kondensiert. Werden die Rohre 3 und 4 ganz in den Ofen hineingebracht, so verschwinden die Unterschiede und alle Rohre geben praktisch die gleiche Absorption. Hieraus folgt, daß die beobachteten Unterschiede in der Absorption nicht durch eine Einwirkung der Gase auf die Natriummoleküle, sondern rein physikalisch durch eine Veränderung der Dichte des Natriumdampfes zu erklären sind.

Es ist bekannt, daß die Diffusion und die Verdampfungsgeschwindigkeit verdampfender Substanzen mit abnehmendem Gasdruck sehr stark zunimmt. Bei der Umwandlung in den dampfförmigen Zustand wird aber die nicht unerhebliche Verdampfungswärme gebunden so daß eine Verringerung des Gasdruckes zugleich eine Erniedrigung der Temperatur der Oberflächenschicht der verdampfenden Substanz und damit auch eine Verringerung ihrer Dampfdichte bedingt. Durch die gleichzeitig gesteigerte Fortdiffusion wird die Dampfdichte noch weiter unter den Gleichgewichtswert der herabgeminderten Oberflächentemperatur erniedrigt, so daß die Wirkungen sehr erhebliche sein können. Da die Dampfbildung bei niederen Drucken nur an der Oberfläche erfolgt, brauchen wir nicht anzunehmen, daß die Temperatur der ganzen Masse der verdampfenden Substanz mit Änderung des Druckes eine Änderung erfährt, sondern es genügt, wenn infolge der Verdampfungswärme die oberste molekulare Schicht eine Temperaturänderung erfährt. Hierdurch wird es auch erklärlich, daß die beobachteten optischen Änderungen den vorgenommenen Druckänderungen nicht merklich nachhinken, was der Fall sein würde, wenn die ganze Masse des Natriums eine andere Temperatur annehmen müßte. Im Sinne dieser Erklärung spricht auch, daß die Änderungen der Absorption durch geringe Erhöhungen des Druckes um so größer waren, je niedriger der vorhandene Druck war. Genaue quantitative

1) Ann. d. Phys. (4) **30**, 240, 1909.
2) Ann. d. Phys. (4) **39**, 307, 1912.

Messungen der bei Druckänderungen auftretenden Dichteänderungen der verdampfenden Substanz fehlen bisher. Einige mehr vorläufige Messungen an organischen Substanzen hat Herr Ch. I. Hansen gegeben. (Zeitschrift für physikalische Chemie 74, Seite 65, 1910).

Dieser Versuch zeigt, daß man für die Absorption und die Dispersion des Natriums zu geringe Werte erhält, wenn man unter Versuchsbedingungen arbeitet, bei denen das Natrium von einer heißeren Stelle zu kälteren destillieren kann. Die erhaltenen Werte werden um so kleiner sein, bei um so geringerem Druck beobachtet wurde. Da nun fast alle bisher veröffentlichten Dispersionsmessungen des Natriumdampfes in Anordnungen mit Konzentrationsgefälle angestellt wurden, so folgt, daß bei ihnen allen eine viel geringere Dichte der Konzentration des Natriumdampfes vorhanden war, als der angegebenen Temperatur entspricht. Dies gilt auch von den erwähnten Messungen von St. Loria und D. Roschdestwensky, welche beide bei niedrigen Gasdrucken gearbeitet haben.

Die Niederschrift dieser Versuche war schon erfolgt, als Herr Füchtbauer in seinem Vortrag auf dem Wiener Naturforschertag ebenfalls zu dieser Frage Stellung nahm. Herr Füchtbauer hatte anfangs die von mir in meiner früheren Arbeit beschriebenen Versuche bestätigt und z. B. gefunden, daß beim Kalium bei einer gegebenen Temperatur „die Linie 404 ohne Gas noch nicht erkennbar, während sie mit Gas schon sehr stark und breit ist."[1]) Inzwischen hat auch Herr Füchtbauer gefunden, daß eine Beeinflussung der Absorption des Natriumdampfes durch neutrale Gase nicht eintritt, und er hat gleichzeitig festgestellt, daß alle Moleküle an der Absorption beteiligt sind. Nach den Messungen von Loria ist dies nur bei weniger als 1 Proz. der Fall. Da Loria in der geschilderten Anordnung bei sehr geringem Druck gemessen hat, wird man die Diskrepanz der Resultate zum großen Teil dadurch erklären können, daß die in seinem Versuchsrohr vorhandene Dichte aus den besprochenen Gründen sehr viel kleiner war als die nach der Temperatur des Versuchsrohrs in Rechnung gesetzte.

1) Diese Zeitschr. **12**, 724, 1911.

Leipzig, Theoretisch-physikalisches Institut. Ende September 1913.

(Eingegangen 1. Oktober 1913.)

## Über die ultraviolette Absorption des reinen Azetons oberhalb $\lambda$ 332 $\mu\mu$.

Von H. T. Clarke und A. W. Stewart.

Mit einem Zusatz von J. Stark.

Im Jahre 1906 wurde das Absorptionsspektrum des Azetons von Stewart und Baly[1]) untersucht, indem sie konstatierten, daß eine Absorptionsbande im Gebiet 3400—4200 Ångströmeinheiten existiert, deren Kopf bei 3800 steht. Im Anfang des laufenden Jahres veröffentlichte Herr Gelbke[2]) eine Mitteilung, in welcher er die Existenz einer weiteren Bande behauptet.

Als Beweis dieser Behauptung führt Herr Gelbke folgendes an: „Der Umstand, daß Azeton bei $\lambda$ 360 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 278) eine ziemlich ausgedehnte Fluoreszenzbande besitzt, wie weiter unten näher mitgeteilt ist, legte die Vermutung nahe, daß es in diesem Gebiete eine Absorptionsbande besitzt. Diese muß dann bei 15 mm Schichtdicke reinen Azetons so schwach sein, daß sie sich der spektrographischen Beobachtung entzieht; indes könnte man erwarten, an größeren Schichtdicken sie aufzufinden. Es zeigte sich nun, daß für eine 30 mm und selbst für eine 55 mm dicke Schicht der Grenzpunkt der Absorption nur wenig über $\lambda$ 320 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 312) zurückweicht, bei weiterer Vergrößerung der Schichtdicke weicht indes der Grenzpunkt hinter $\lambda$ 327 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 306) rasch zurück und erreicht bei 250 mm Schichtdicke $\lambda$ 360 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 278); dabei ist dann der Grenzpunkt schwer genau festzustellen, weil von $\lambda$ 355 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 282) bis etwa $\lambda$ 390 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 256) die Intensität des durchgelassenen Spektrums langsam ansteigt. Hierdurch ist der Beweis erbracht, daß Azeton außer der kurzwelligen Bande bei $\lambda$ 270 ($1/\lambda$ 370) noch eine zweite Bande besitzt bei $\lambda$ 365 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 274), welche ungefähr von $\lambda$ 327 $\mu\mu$ ($1/\lambda$ 306) bis in das sichtbare Spektrum sich erstreckt."

Da Gelbke das von ihm untersuchte, von Kahlbaum bezogene Azeton nicht noch einer besonderen Reinigung unterwarf, erschien uns seine Behauptung der Existenz einer weiteren Bande des Azetons nicht hinreichend sichergestellt. Wir haben darum über diesen Punkt nachstehende Untersuchung angestellt.

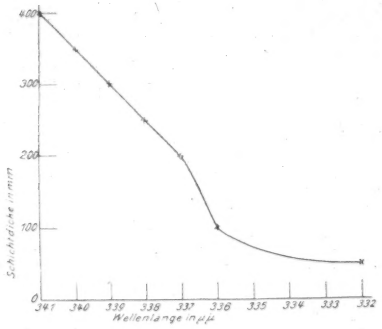
Weil Azeton unter dem Einfluß von schwachen wasserentziehenden Mitteln leicht Wasser abspaltet, haben wir eine größere Menge des durch die Natriumbisulfitverbindung gewonnenen möglichst reinen Azetons (Kp. 56,4—56,5° unter 765 mm) dargestellt und sofort nach seiner

1) Journ. Chem. Soc. **89**, 489, 1906.
2) Jahrb. d. Radioakt. u. Elektronik **10**, 1, 1913.

Darstellung photographiert; auf diese Weise wurde jede Möglichkeit der Kondensation umgangen. Die Substanz wurde mit folgenden Resultaten in Schichtdicken von 50 mm bis 400 mm untersucht:

Azeton.

| Schichtdicke | Spektrum durchgelassen bis | |
|---|---|---|
| 400 mm | $\lambda$ 3410 = 2931 | Schwingungszahlen |
| 350 „ | $\lambda$ 3400 = 2940 | „ |
| 300 „ | $\lambda$ 3390 = 2949 | „ |
| 250 „ | $\lambda$ 3380 = 2958 | „ |
| 200 „ | $\lambda$ 3370 = 2967 | „ |
| 100 „ | $\lambda$ 3360 = 2975 | „ |
| 50 „ | $\lambda$ 3320 = 3011 | „ |




In der Figur sind diese Beobachtungen graphisch dargestellt. Wie aus ihr hervorgeht, besitzt die Absorptionsgrenzkurve des Azetons zwar oberhalb $\lambda$ 332 $\mu\mu$ kein Minimum, wie es gewöhnlich als Ausdruck einer Absorptionsbande genommen wird, indes weist sie bei $\lambda$ 336,5 $\mu\mu$ einen Wendepunkt auf.

Aus dem Chemischen Institut der Universität Belfast.

Bemerkung von J. Stark.

Die Herren Clarke und Stewart waren so freundlich, mir Einblick in das Manuskript der vorstehenden Mitteilung zu geben, und mit ihrem Einverständnis mache ich folgende Bemerkung.

Im Hinblick auf die von mir gekennzeichnete prinzipielle Bedeutung[1]) der neuen Absorptionsbande des Azetons erscheint mir die Untersuchung der Herren Clarke und Stewart deswegen besonders wertvoll, weil sie keinen Zweifel an der Reinheit des untersuchten Präparates übrig läßt. Sie ist aber auch deswegen von Bedeutung, weil sie gegenüber der quantitativen Methode von Henri den Beweis erbringt, daß auch die qualitative Methode der Absorptionsgrenzkurve Feinheiten eines Bandenspektrums, wie einen wenig ausgeprägten Wendepunkt zwischen zwei Banden, herauszuholen gestattet. Man wird darum dieser Methode, die in den Händen zahlreicher Forscher, so von W. N. Hartley, E. C. C. Baly und A. W. Stewart, A. Hantzsch, J. E. Purvis und N. P. Mc Clelland und anderen schon so viele wertvolle Resultate lieferte, auch weiter Vertrauen entgegenbringen dürfen.

Die Beobachtungen der Herren Clarke und Stewart bedeuten auch hinsichtlich der Lage der neuen langwelligen Bande des Azetons einen Fortschritt gegenüber den Angaben Gelbkes. Der von ihnen ermittelte Wert ($\lambda$ 336,5 $\mu\mu$) für die untere Grenze der Lage dieser langwelligen Bande ist wohl der genaueste.

(Eingegangen 19. September 1913.)

1) J. Stark, diese Zeitschr. 14, 845, 1913.

## Über die Veränderlichkeit von Absorptionsspektren. II[1]).
## (On the Variability of Absorption Spectra. II).

Von G. H. Livens.

In der ersten Mitteilung dieser Reihe[1]) habe ich auf Grund der Drude-Lorentzschen Form der Theorie möglichst genaue Dispersionsformeln erhalten. In der vorliegenden Arbeit will ich einen Versuch machen, auf der Grundlage dieser Theorie viele der Änderungen zu erklären, die man an Absorptionsspektren beobachtet, wenn man die Bedingungen oder die Konstitution des betreffenden Mediums verändert. Die einzige mögliche Vergleichung ist gegenwärtig indessen leider eine rein qualitative; das rührt hauptsächlich von dem großen Mangel an bestimmten Aufschlüssen über die verschiedenen in Frage kommenden Punkte her. Der Hauptzweck dieser Mitteilungen ist daher nicht, die Theorie zu beweisen, sondern zu einer näheren Untersuchung ihrer Brauchbarkeit anzuregen.

Weitere Aufschlüsse über die angeführten Versuchsergebnisse und alle weiteren Hinweise sind in Kaysers Handbuch und in den Arbeiten von Professor Jones und seinen Mitarbeitern zu finden, die in den Publications of the Carnegie Institution of Washington erschienen sind.

In der früheren Mitteilung haben wir gesehen, daß der Betrag der Maximalintensität einer isolierten Absorptionsbande, die einer Elek-

1) I: siehe diese Zeitschrift 14, 841, 1913.

tronengruppe (mit $N_1$ Elektronen in der Volumeneinheit, der Masse $m$ und der Ladung $e$) mit einer freien Periode $n_1$ entspricht, durch das Maximum des Extinktionskoeffizienten bestimmt wird, nämlich:

$$\varkappa = \varepsilon_1 a \sqrt{\frac{1 - 2\sqrt{1 + \frac{4}{3a^2}\cos\frac{\pi+\varphi}{3}}}{1 - \frac{a^4}{32}\left(1 - \sqrt{1 + \frac{4}{3a^2}\cos\frac{\pi+\varphi}{3}}\right)^4}},$$

und daß dieses Maximum an der Stelle im Spektrum auftritt, die der Frequenz $n$ entspricht, wo

$$n^2 = x_1^2 + f\left(\frac{a}{2} - \sqrt{a^2 + \frac{4}{3}\cos\frac{\pi+\varphi}{3}}\right)$$

ist. Die Bezeichnungen sind hier mit denen in der früheren Arbeit identisch; es ist somit:

$$\varepsilon_1^2 = 1 + \frac{A_1}{1 - aA_1},$$

$$x_1^2 = n_1^2 - \frac{a\varrho_1}{1 - aA_1},$$

$$A_1 = \sum \frac{e^2/m}{n_r^2 - n^2},$$

wo die Summe $\Sigma$ über alle die Elektronen in der Volumeneinheit genommen ist, die in der obenerwähnten Gruppe nicht enthalten sind; es ist ferner:

$$\varrho_1 = \frac{N_1 e^2}{m},$$

$$a = \frac{d}{f},$$

$$f = x_1 n'_1,$$

$$2d = \frac{(1-a)\varrho_1}{1 + (1-a)A_1} - \frac{a\varrho_1}{1 - aA_1}.$$

Unter der üblichen Annahme, daß mit jedem Molekül bestimmte Elektronen oder Elektronengruppen verbunden sind, sind die Größen $\varrho_1$ und $A_1$, als deren Funktionen diese Formeln gedeutet werden können, ihrerseits Funktionen der Dichte $\varrho$ der absorbierenden Moleküle. Die einfachste Annahme ist die, daß $\varrho_1$ proportional $\varrho$ ist, und daß $A_1$ eine lineare Funktion von $\varrho$ ist. Wir schreiben dann:

$$\varrho_1 = \sigma_1 \varrho,$$
$$A_1 = A_0 + \sigma_2 \varrho,$$

wo vermutlich, wenn wir es mit einem einzigen homogenen Medium zu tun haben,

$$A_0 = 0$$

ist.

Setzen wir diese Werte ein, so sehen wir, daß unter allen realisierbaren Verhältnissen $d$ eine positive Funktion von $\varrho$ ist, die mit diesem Argument kontinuierlich wächst. $\varkappa$ wächst gleichfalls mit $\varrho$, und zwar zunächst linear, später aber in komplizierterer Weise. Andererseits nehmen $n$ und $x_1$ mit wachsendem $\varrho$ beide ab.

Mithin wird nach dieser Theorie die Lage des Absorptionsmaximums im allgemeinen allmählich nach der Seite größerer Wellenlängen hin verschoben, wenn die Dichte der absorbierenden Moleküle gesteigert wird. Die Größe der Verschiebung ist in erster Linie eine Funktion der Partialdichte der für die Absorption unmittelbar verantwortlichen Elektronen, sie hängt aber in gewissem Grade auch von den Dichten der aktiven Elektronen ab. Bei kleinen Werten der Dichte ist die Verschiebung proportional $\varrho$, bei größeren Werten aber ist die Beziehung komplizierter.

Eine ähnliche Diskussion ist auf die Größe des Absorptionskoeffizienten anwendbar. Das Beersche Gesetz ist nicht allgemein richtig, außer als eine Annäherung bei kleinen Dichten.

Wenn wir die natürliche Annahme machen, daß eine Zunahme der Dichte der absorbierenden Moleküle einer Zunahme der Dichte der tatsächlichen Substanz entspricht, — obschon im allgemeinen nicht jedes Molekül des Mediums in jedem beliebigen Augenblick optisch erregbar ist —, so sehen wir ohne weiteres, daß diese Ergebnisse genau dieselben sind, zu denen die Experimentatoren sowohl bei Gasen gelangt sind, — wo die gesteigerte Dichte direkt durch Steigerung des Druckes hervorgebracht wird — als auch bei Flüssigkeiten, — wo die Steigerung durch Steigerung der Konzentration der Lösung bewirkt wird.

Die Tatsache, daß die Verschiebung der Linie und ihre Intensität Funktionen der Größe $A_1$ sind, — welche einen Teil $A_0$ enthält, der stark von der Gegenwart anderer als der für die Absorption direkt verantwortlichen Elektronen abhängig ist —, diese Tatsache lehrt, daß die Größe der Änderungen der Lage und der Intensität je nach der verschiedenen Natur des Mediums, in das die absorbierenden Elektronen eingebettet sind, verschieden sein kann. Dies scheint nicht nur für die Wirkungen der verschiedenen Lösungsmittel auf das Spektrum eines gelösten Stoffes eine Erklärung zu sein, sondern auch für die verschiedenen Wirkungen, welche beispielsweise die verschiedenen Säureionen, mit denen ein Metallatom verbunden sein kann, auf das Spektrum dieses Atoms ausüben.

Die Tatsache, daß die Lage und die Intensität der Banden stetige Funktionen von $A_1$ sind, scheint auch das Ergebnis zu erklären, das Herr Professor Jones erhalten hat. Herr

Jones fand nämlich, daß die Spektren zweier Salze desselben Metalls in Lösung sich allmählich ineinander überführen lassen, indem man allmählich die eine Säure entfernt und sie durch die andere ersetzt. Folgerungen, die Herr Jones aus diesem Ergebnis in Bezug auf die Existenz von Übergangsverbindungen gezogen hat, scheinen ganz ungerechtfertigt zu sein. Die Kundtsche Regel, daß die Absorptionsbanden einer gelösten Substanz dem roten Ende des Spektrums näher liegen, wenn die Substanz in Lösungsmitteln mit höheren Brechungsindizes gelöst ist, scheint nicht genau zu sein. Die vorliegende Theorie liefert eine andere Regel. Wir können den Ausdruck für $n$ in

$$n^2 = n_1^2 - a^2\varrho_1(\varepsilon_1^2 + 1 - a) + f\left(\frac{a}{2} - \sqrt{a^2 + \frac{4}{3}}\cos\frac{\pi + \varphi}{3}\right)$$

umformen. Das letzte Glied auf der rechten Seite dieser Formel ist in den meisten Fällen fast zu vernachlässigen. Sein Vorhandensein ist indessen von Koenigsberger und Kilchling bei ihrer Arbeit über stark absorbierende Substanzen experimentell nachgewiesen worden. Wenn wir jedoch dieses Glied einstweilen vernachlässigen, sehen wir, daß, wenn eine Substanz in zwei Lösungsmitteln auf dieselbe Partialdichte gelöst ist, die einander entsprechenden Banden in ihrem Spektrum in dem Lösungsmittel näher am roten Ende des Spektrums liegen werden, für welches $\varepsilon_1$ größer ist. $\varepsilon_1$ ist indessen nicht der Brechungsindex des Lösungsmittels, außer allerdings, wenn die eine untersuchte Bande die einzige im ganzen Spektrum der gelösten Substanz ist.

Die Ergebnisse, die Herr Professor Jones hinsichtlich der Wirkung der zugesetzten Stoffe auf das Spektrum eines Lösungsmittels erhalten hat, scheinen ebenfalls in den theoretischen Fällen enthalten zu sein; wenigstens schließt die Theorie die Existenzmöglichkeit solcher Fälle nicht aus, und wir können daher einstweilen diese Fälle nicht als Stütze für irgendwelche weitere Wirkungen verwenden.

Es erscheint nicht notwendig, weiter auf Einzelheiten inbetreff der sehr zahlreichen Fälle einzugehen, die von der vorliegenden Theorie umfaßt werden. Die vorstehende Erörterung ist an sich ausreichend, um den Schluß zu rechtfertigen, daß die Theorie in ihrer gegenwärtigen Gestalt einen Teil der Erklärung, wenn nicht die ganze Erklärung, für die verschiedenen experimentell gewonnenen Ergebnisse enthält, und daß anscheinend gegenwärtig kein Bedürfnis vorliegt, zu ihrer Erklärung irgendwelche weitere Hypothesen über die in Lösungen wirksamen Vorgänge einzuführen. Tatsächlich ist die Einführung der sehr unklaren Begriffe, die man für gewöhnlich mit Vorgängen wie Dissoziation oder Solvatbildung verbindet — und die anscheinend aus dem ganz irrtümlichen Gedanken entstanden sind, daß ein Atom die in einem anderen erfolgenden Schwingungen nicht beeinflussen könne, ohne sich tatsächlich mit ihm zu verbinden, — tatsächlich ist die Einführung dieser Begriffe nur eine willkürliche und einstweilen ganz unnötige Komplikation der Sachlage.

Die einzige mögliche Erklärung für die „äußeren Einflüsse", die auf die Elektronenbewegungen in einem Atom zur Wirkung gelangen, wenn andere Atome in dessen Nähe gebracht werden, ist die von Lorentz vorgeschlagene, auf deren Grundlage auch die vorstehende Theorie entwickelt worden ist. Diese Erklärung stellt indessen diese „Einflüsse" einfach als die unmittelbare physikalische Folge der räumlichen Anordnung der Oszillatoren dar und scheint wenig oder gar keinen Zusammenhang mit den Einflüssen zu haben, welche bei chemischen Prozessen in Frage kommen.

Es will somit scheinen, daß eine gründlichere Untersuchung über die Verdienste dieser Theorie erforderlich ist, und der Zweck der vorliegenden Arbeit wird erfüllt sein, wenn sie zu einer solchen Untersuchung anregen wird. Es ist nur nötig, festzustellen, ob die Theorie die vollständige Erklärung der Erscheinungen enthält, oder nur einen Teil von ihr.

Sheffield, im September 1913.

(Nach dem Manuskript aus dem Englischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 4. Oktober 1913.)

## Über die Bestimmung der Wertigkeit des Radiums mit Hilfe der Elektroendosmose.

Von H. Freundlich und G. v. Elissafoff.

Unter Elektroendosmose (abgekürzt Ee.) versteht man bekanntlich folgende Erscheinung: trennt man zwei Elektroden, die in eine Flüssigkeit tauchen, durch ein Diaphragma, und legt man eine Spannung von außen an, so beobachtet man eine Verschiebung der Flüssigkeit mit oder gegen den Strom, die man etwa an einer seitlich angebrachten, kalibrierten Kapillare verfolgen kann. Nach der von Helmholtz[1]) entwickelten Theorie des Vorgangs nimmt man an der Diaphragmenwand eine sog. elektrische Doppelschicht an, deren eine Belegung fest an

1) Eine zusammenfassende Darstellung bei Freundlich, Kapillarchemie. S. 222ff.

der Wand haftet, während die andre mit der Flüssigkeit beweglich ist; für die in der Zeiteinheit übergeführte Flüssigkeitsmenge $v$ gilt nach dieser Theorie die Beziehung

$$v = \frac{q \varepsilon H \delta}{\eta}.$$

Hier ist $q$ der Querschnitt der im Diaphragma vorhandenen Kapillaren, $\varepsilon$ die Ladung der Diaphragmenwand gegenüber der Flüssigkeit pro Flächeneinheit gerechnet, $H$ das äußere Potentialgefälle, $\delta$ der Abstand der Belege der Doppelschicht voneinander und $\eta$ der Koeffizient der inneren Reibung der Flüssigkeit.

Weitaus die Mehrzahl der Wandmaterialien laden sich negativ gegen Wasser, letzteres wird also zur Kathode hinbewegt. Deshalb sind auch die im nachfolgenden mitgeteilten, übergeführten Flüssigkeitsmengen $v$ meist mit einem Minuszeichen versehen. Nimmt man statt des reinen Wassers Elektrolytlösungen, so wird die übergeführte Flüssigkeitsmenge schon bei kleinen Konzentrationen im allgemeinen sehr stark und in charakteristischer Weise verringert, wie zunächst eine Untersuchung Perrins[1]) lehrte. Seine Ergebnisse wurden von v. Elissafoff[2]) mit einer abgeänderten Methode bestätigt.

Eine wesentliche Eigenschaft des Einflusses der Elektrolyte auf die Ee. ist einmal, daß es vor allem auf die Natur der Ionenart ankommt, die die entgegengesetzte Ladung hat, wie die Diaphragmenwand; im Falle negativer Ladung der letzteren also auf die Natur der Kationen. Von den Eigenschaften der Kationen, die dann weiterhin besonders hervortreten, ist in erster Linie die Wertigkeit zu nennen; mit wachsender Wertigkeit sind zunehmend kleinere Konzentrationen nötig, um die gleiche Erniedrigung der übergeführten Flüssigkeitsmengen zu bewirken. Kationen gleicher Wertigkeit erniedrigen in gleicher Konzentration ungefähr gleich stark. Diese Beziehung ist eindeutig, solange es sich um die Kationen der Leichtmetalle handelt; bei denen der Schwermetalle, der organischen Basen, beim $H$-Ion ist unter dem Einfluß andrer Faktoren (stärkere Adsorbierbarkeit vor allem) die Wirkung größer als es der Wertigkeit entspricht.

Wie groß die durch verschiedene Wertigkeit erzeugten Unterschiede sind, zeigt Fig. 1, in der als Abszissen die Konzentrationen der betreffenden Elektrolyte in Millionstel Molen (Mikromolen) eingetragen sind, als Ordinaten die übergeführten Flüssigkeitsmengen in einem noch zu besprechenden Maße. Diese Kurven

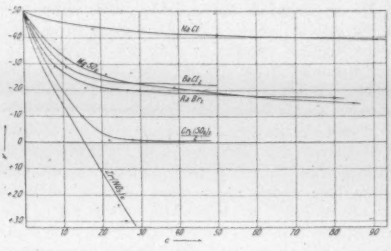


Fig. 1.

sind der Untersuchung von v. Elissafoff entnommen.

Seine Methode unterscheidet sich nun dadurch u. a. von der Perrins, daß außerordentlich kleine Elektrolytkonzentrationen bereits einen erheblichen Einfluß ausüben, so daß man, wie eben erwähnt, zweckmäßig mit Mikromolen rechnet. Es rührt dies daher, daß bei v. Elissafoff eine einzelne Kapillare an die Stelle des Diaphragmas tritt. Da es darauf ankommt, daß eine bestimmte Menge Kation an der Diaphragmenwand aufgenommen wird, und da die Wandfläche bei den einzelnen Kapillaren viel kleiner ist als bei dem Diaphragma, so ist leicht zu verstehen, daß nur sehr kleine Konzentrationen nötig sind.

Bezüglich Einzelheiten der Methode von v. Elissafoff muß auf die erwähnte Originalabhandlung hingewiesen werden. Hier sei nur kurz folgendes ausgeführt: die Kapillare $K$ (siehe Fig. 2) ist gleichzeitig Diaphragma wie Meß-

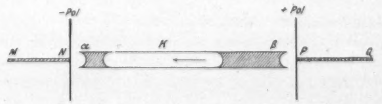



Fig. 2.

kapillare. Sie befindet sich, durch kleine Luftstrecken getrennt, zwischen den Elektroden $MN$ und $PQ$. Die Elektrode $MN$ ist mit dem negativen Pol einer Starkstrominfluenzmaschine verbunden, deren anderer Pol über ein Galvanometer geerdet ist. Die andere Elektrode $PQ$ ist über ein Funkenmikrometer geerdet.

Am Anfang eines Versuchs ist die Kapillare ungefähr zur Hälfte mit Flüssigkeit gefüllt, und diese befindet sich an dem einen Ende $\beta$ (siehe Fig. 2). Wird die Maschine in Gang gesetzt, so beobachtet man ein Wandern der Flüssigkeit an der Wand der Kapillaren entlang in der Richtung von $\beta$ nach $\alpha$; es sammelt sich schließ-

1) Journ. d. chim. phys. **2**, 627, 1904.
2) Zeitschr. f. phys. Chem. **79**, 385, 1912.

lich ein Tropfen am $\alpha$-Ende, der mehr und mehr wächst, während die Flüssigkeit am $\beta$-Ende entsprechend abnimmt. Mit der Stoppuhr bestimmt man dann die in einer gewählten Zeit, etwa 20 Sekunden, übergehende Flüssigkeitsmenge als Differenz der ursprünglich vorhandenen und der am $\beta$-Ende zurückbleibenden Menge. Die Länge der übergehenden Flüssigkeitssäule betrug für reines Wasser vielfach unter den gewählten Bedingungen etwa 50 mm, und es wurde deshalb im folgenden wie in Fig. 1 die übergeführte Flüssigkeitsmenge gleich 50 gesetzt. Es handelt sich stets um relative Messungen, und es wurde daher, wenn etwa unter anderen äußeren, elektrischen Bedingungen die übergeführte Menge für reines Wasser eine andere war, auf den Wert 50 umgerechnet. Selbstverständlich mußte sorgfältig darauf geachtet werden, daß sich während einer Versuchsreihe mit einem Elektrolyten die äußeren Bedingungen nicht änderten; es wurde deshalb von Zeit zu Zeit die Kapillare ausgespült, und der Wasserwert von neuem gemessen. Bezüglich weiterer Vorsichtsmaßregeln und Kunstgriffe muß, wie gesagt, auf die schon genannte Abhandlung von v. Elissafoff zurückgegriffen werden.

Offenbar bietet sich hier eine Methode, um auch bei sehr kleinen Stoffmengen die Wertigkeit eines Metalls zu bestimmen, das als Ion in einer Lösung vorhanden ist, und es liegt der Gedanke nahe, sie auf die Bestimmung der Wertigkeit der Radioelemente anzuwenden. Allerdings ist inzwischen von v. Hevesy[1]) und Fajans[2]) auf Grund andrer Methoden auf die Wertigkeit der Radioelemente und ihre Stellung im periodischen System geschlossen worden. Immerhin scheint es von Belang, mit einer völlig unabhängigen Methode einige Werte nachzuprüfen, zumal da es ja wohl grundsätzlich von Interesse ist, andere Eigenschaften dieser Elemente aufzusuchen und zu messen, da sie bisher wesentlich nur durch ihre Radioaktivität charakterisiert worden sind.

Daß die zum Versuche nötigen Mengen tatsächlich so klein sind, daß man hoffen darf, auch Elemente untersuchen zu können, die in viel geringerer Menge zu erhalten sind als etwa das Radium, ergibt sich aus folgender Überschlagsrechnung: aus Fig. 1 geht hervor, daß man jedenfalls mit einer Konzentration von 50 Mikromol sehr große Unterschiede zwischen 1-, 2-, und 3-wertigen Kationen erzielt. Ist das Molargewicht des betreffenden Metallsalzes ungefähr 350 (das Atomgewicht des Metalls zu etwa 200 angenommen), so sind ca. 18 Milligramm im Liter Lösung vorhanden. Die benutzten Kapillaren waren so eng, daß nur 0,0024 ccm Flüssigkeit in ihnen enthalten waren. Nimmt man an, daß man mit weniger als 0,5 ccm Flüssigkeit nicht bequem arbeiten kann, so ergibt sich eine Menge von 0,01 Milligramm als zum Versuche notwendig. Man könnte vielleicht noch auf eine Konzentration von 25 Mikromol und eine Flüssigkeitsmenge von 0,1 ccm herabgehen, und man würde sich dann zwischen 0,001 und 0,01 Milligramm bewegen.

Es läßt sich mit so kleinen Flüssigkeitsmengen bequem arbeiten, wenn man folgendermaßen verfährt: von einer Ausgangslösung wurden Tropfen von bekanntem Gewicht mit Tropfen von Wasser in der gewünschten Zahl verdünnt, und zwar in kleinen, gut verschließbaren Wägegläschen. Die Lösung wurde dann in eine Miniaturpipette, die nur wenige Tropfen faßte, durch kapillare Wirkung hochgesogen — man kann leicht mit 5 bis 6 Tropfen arbeiten — und die Kapillare wiederum durch kapillare Wirkung, indem man einfach mit der Pipettenspitze berührte, gefüllt.

Von Radioelementen stand uns zunächst nur Radium selbst zur Verfügung. Nach seinem ganzen Verhalten ist seine Zweiwertigkeit so sicher, daß sie eigentlich nicht nachgeprüft zu werden braucht. Immerhin schienen Versuche damit von Interesse, weil von vornherein nicht ausgemacht war, daß die Strahlung die elektrische Doppelschicht an der Kapillarwand nicht beeinflussen und so die Bestimmung der Wertigkeit auf diesem Wege unmöglich machen würde.

Das Radium verdanken wir der Liebenswürdigkeit Prof. Dr. F. Giesels. Es handelte sich um eine kleine Probe Radiumbromid von demselben Präparat, das seinerzeit von Runge und Precht[1]) für spektroskopische Versuche benutzt worden war. Nach ihren Angaben darf dasselbe als recht rein angesehen werden; dies ist wichtig, weil die Methode offenbar voraussetzt, daß man es mit einem möglichst einheitlichen Stoff zu tun hat.

Das $RaBr_2$ befand sich als feines Körnchen an einem Platindraht angeschmolzen. Es wurde mit dem Draht auf einer Mikrowage gewogen, dann in 4 ccm heißen Wassers gelöst, und der Draht zurückgewogen. Die Menge betrug 0,24 mg, die Ausgangslösung enthielt also etwa 160 Mikromol im Liter. Die in der Tabelle 1 angeführten Konzentrationen wurden aus dieser in der oben beschriebenen Weise durch Verdünnen hergestellt. Selbstverständlich diente zu allen nachfolgenden Versuchen eine gleichartige Menge destillierten Wassers.

1) Diese Zeitschr. **14**, 49, 1913.
2) Diese Zeitschr. **14**, 156, 1913; Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. **46**, 422, 1913.

1) Ann. d. Phys. (4), **14**, 418, 1904.

Das benutzte Kapillarrohr war aus Glas und hatte einen elliptischen Querschnitt ($2a = 0{,}03$ cm, $2b = 0{,}01$ cm). In den Tabellen findet sich außer der Konzentration $c$ in Mikromolen im Liter, die innerhalb einer bestimmten Zeit (meist 10″) übergeführte Flüssigkeitsmenge $v$ — wie oben ausgeführt, wird die bei reinem Wasser übergeführte Menge gleich 50 gesetzt — und dann $\triangle v$, die Abnahme der übergeführten Flüssigkeitsmenge. Bei den Versuchen von v. Elissafoff hatte sich herausgestellt, daß das $\triangle v$ logarithmisch von der Konzentration abhängt

$$\triangle v = k \ln c + \gamma,$$

wo $k$ und $\gamma$ Konstanten sind. Da diese Beziehung bisher nur empirisch ist, $k$ und $\gamma$ theoretisch noch nicht gedeutet werden konnten, und die Gültigkeit dieser Gleichung für den Zweck dieser Untersuchung ohne Belang ist, so wurden die berechneten Werte nicht mit angeführt. Übrigens ist jede für eine Konzentration angegebene Zahl das Mittel aus 5—6 einzelnen Überführungsversuchen.

Tabelle 1.

$RaBr_2$

| $c$ (Mikromol i. L.) | $v$ | $\triangle v$ |
|---|---|---|
| 0 | — 50 | — |
| 2 | — 36 | 14 |
| 8 | — 29 | 21 |
| 16 | — 21 | 29 |
| 27 | — 20 | 30 |
| 80 | — 17 | 33 |

Zwei weitere unabhängige Versuchsreihen gaben befriedigend übereinstimmende Ergebnisse.

Es folgen eine Reihe von Messungen an andren Salzen[1]); sie wurden unter ähnlichen Bedingungen ausgeführt, alle z. B. mit der Miniaturpipette; die mit $BaCl_2$ auch mit einer sehr kleinen Ausgangsmenge — für zwei Versuchsreihen wurden etwa 0,015 mg verbraucht. Ein Teil der Ergebnisse ist in Fig. 3 wiedergegeben.

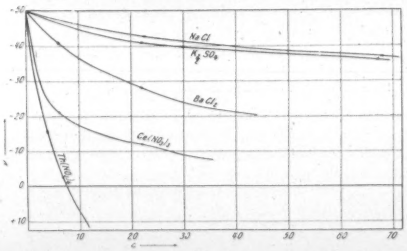



Fig. 3.

Tabelle 2.

$NaCl$.

| $c$ (Mikromol i. L.) | $v$ | $\triangle v$ |
|---|---|---|
| 0 | — 50 | — |
| 50 | — 41 | 9 |
| 91 | — 39 | 11 |

Tabelle 3.

$MgSO_4$

| $c$ (Mikromol i. L.) | $v$ | $\triangle v$ |
|---|---|---|
| 0 | — 50 | — |
| 11 | — 32 | 18 |
| 21,5 | — 26 | 24 |
| 39 | — 21 | 29 |
| 85 | — 15 | 35 |
| 220 | — 8 | 42 |
| 450 | — 6 | 44 |

Tabelle 4.

$BaCl_2$

| $c$ (Mikromol i. L.) | $v$ | $\triangle v$ |
|---|---|---|
| 0 | — 50 | — |
| 1,7 | — 37 | 13 |
| 4,4 | — 31 | 19 |
| 11 | — 29 | 21 |
| 44 | — 22 | 28 |
| 110 | — 13 | 37 |
| 220 | — 8 | 42 |

Tabelle 5.

$Al_2(SO_4)_3$

| $c$ (Mikromol i. L.) | $v$ | $\triangle v$ |
|---|---|---|
| 0 | — 50 | — |
| 6 | — 39 | 11 |
| 11 | — 29 | 21 |
| 20 | — 22 | 28 |
| 50 | — 2 | 48 |
| 100 | — 0 | 50 |

Tabelle 6.

$Cr_2(SO_4)_2$

| $c$ (Mikromol i. L.) | $v$ | $\triangle v$ |
|---|---|---|
| 0 | — 50 | — |
| 4 | — 38 | 12 |
| 7,7 | — 31 | 19 |
| 15 | — 10 | 40 |
| 22 | — 1 | 49 |
| 28 | — 1 | 49 |
| 200 | — 0 | 50 |

1) Die Präparate waren möglichst rein, z. T. solche pro analysi von Kahlbaum oder mehrfach umkristallisierte Laboratoriumspräparate.

Tabelle 7.

$Zr(NO_3)_4$

| $c$ (Mikromol i. L.) | $v$ | $\triangle v$ |
|---|---|---|
| 0 | — 50 | — |
| 5.4 | — 37 | 13 |
| 13.4 | — 12 | 38 |
| 17.5 | — 2 | 48 |
| 24 | + 24 | 74 |
| 26 | + 30 | 80 |

Aus Fig. 3 geht wohl unzweideutig hervor, daß sich das *Ra* auch nach dieser Methode wie zweiwertig verhält. Die Versuche zeigen also, daß die Strahlung keinen besonderen Einfluß auf die elektrische Doppelschicht ausübt, daß man demgemäß unbedenklich die Wertigkeit nach dieser Methode bestimmen kann. Woher es kommt, daß die Strahlung sich hierbei in keiner charakteristischen Weise geltend macht, läßt sich noch kaum eindeutig beantworten, steht aber wohl mit der Tatsache im Einklang, daß sich die Radiumsalze in ihrem elektrolytischen Verhalten, der Leitfähigkeit usw., durchaus den Bariumsalzen anschließen[1]); die Strahlung führt also auch bezüglich der Ladung der Ionen in einer Lösung keine Veränderung herbei. Man möchte daraus vielleicht folgern dürfen, daß die Ladung der Wand, die bei der Endosmose in Betracht kommt, einer Ionenladung ähnelt, eine Auffassung, für die auch andere Tatsachen sprechen[2]).

Es scheint übrigens nicht ausgeschlossen, daß man, selbst wenn man die Konzentration der betreffenden Elektrolytlösung nicht genau kennt, die Wertigkeit des Kations wird einschätzen können. Wie man aus Fig. 1 und 3 ersieht, unterscheiden sich die verschiedenwertigen Kationen recht stark bezüglich der Steilheit, mit der die $v$-$c$-Kurven abfallen. Bei den einwertigen Leichtmetallkationen bleibt die Erniedrigung bis zu einer Konzentration von 100 Mikromol unter 50 Proz.; bei zweiwertigen beträgt sie bis 80 Proz.; bei dreiwertigen wird noch unterhalb dieser Konzentration die Überführung zum Verschwinden gebracht, aber es wurde in keinem der bisher untersuchten Fälle ($Al^{\cdots}$, $Cr^{\cdots}$, $Ce^{\cdots}$) eine Überführung zum positiven Pol, also eine Umladung der Kapillarenwand beobachtet; bei den vierwertigen[3]) dagegen tritt diese Umladung schon bei Konzentrationen nahe 50 Mikromol ein. Dies Verhalten äußert sich zahlenmäßig darin, daß die Konstante $k$ in der oben erwähnten Gleichung

$$\triangle v = k \ln c + \gamma$$

mit steigender Wertigkeit stark zunimmt; sie ist ja gleich dem Tangens des Neigungswinkels der Graden, die man erhält, wenn man $\triangle v$ und $\ln c$ in ein Koordinatensystem einträgt. Man könnte also bei irgendeiner Konzentration — sie muß nur groß genug sein, um überhaupt zu wirken, und klein genug, daß die Erniedrigung des $v$ zwischen 20 und 80 Proz. einbegriffen ist — die Wertigkeit an der Änderung der übergeführten Menge relativ mit der Konzentration, also an der Größe $k$ erkennen.

Ferner ist auch die Leichtigkeit, mit der man durch Ausspülen das für eine Lösung benutzte Kapillarrohr wieder auf den alten Wasserwert bringen kann, bei den verschiedenwertigen Kationen recht verschieden; bei den einwertigen genügt mehrfaches Ausspülen mit kaltem Wasser; bei den zweiwertigen braucht man meist heißes Wasser; bei den drei- und vierwertigen muß man Säuren, eventuell in der Hitze anwenden.

Von diesen Gesichtspunkten aus wurde versucht, die Wertigkeit des Aktinium $X$ festzustellen, das uns wiederum in der freundlichsten Weise von Herrn Prof. Giesel zur Verfügung gestellt wurde. Es war in bekannter Weise gewonnen worden: ein „reifes" Aktiniumpräparat wurde in frisch destillierter Salzsäure gelöst und mit einer möglichst reinen Lösung von gleichfalls frisch destilliertem Ammoniak gefällt; das Filtrat, das wesentlich $Act X$ enthalten soll, wurde in einer Platinschale eingedampft. Der spurenhafte Rückstand, der dann blieb, zeigte alle die intensiven, radioaktiven Eigenschaften, die häufig beschrieben worden sind: er leuchtete im Dunkeln, entwickelte außerordentlich stark Aktiniumemanation usw. Er wurde mehrfach mit heißem Wasser ausgezogen und dann auch mit sehr verdünnter Salzsäure, beide Lösungen auf ein kleines Volum eingeengt — sie leuchteten kräftig im Dunkeln — und jede für sich mit Hilfe der Ee. untersucht. Die Erniedrigung des $v$ war stark und änderte sich mit der Konzentration wie bei einem zweiwertigen Kation; dem entsprach auch, daß man durch bloßes Ausspülen mit Wasser den ursprünglichen Wasserwert wieder erhalten konnte. Trotzdem darf man aus diesen Versuchen keinen Schluß auf die Wertigkeit des $Act X$ ziehen; denn wenn ihm die erniedrigende Wirkung zuzuschreiben wäre, so hätte sie, wie das Leuchten der Lö-

1) Siehe Kohlrausch u. Henning, Ber. d. deutsch. phys. Gesellsch. **6**, 144, 1904; Ann. d. Phys. (4) **20**, 96, 1906.

2) Siehe Billiter, Zeitschr. f. phys. Chem. **45**, 307, 1903; Freundlich, Kapillarchemie. S. 243 ff.

3) Bei dem $Th(NO_3)_4$ darf man ja vierwertige $Th^{\cdots\cdot}$-ionen in größerer Konzentration annehmen, denn $Th(OH)_4$ ist schon merklich basisch. Bei dem viel schwächer basischen $Zr(OH)_4$ erstaunt man vielleicht über das völlig analoge Verhalten; es kann also hier zunächst nur die Tatsache selbst festgestellt werden. Über das $Zr(NO_3)_4$ in Lösung ist allerdings wenig bekannt.

sungen, nach einigen Wochen stark abgenommen haben müssen, da die mittlere Lebensdauer des *ActX* nur etwa 15 Tage beträgt. Dies war aber nicht der Fall. Es müssen also andere, als Verunreinigung vorhandene Kationen die Erniedrigung der übergeführten Menge hervorgerufen haben.

Man wird also eher bei Radioelementen, die auf eine Emanation folgen, und die so eine zuverlässige Trennung von andren Elementen erfahren haben, hoffen dürfen, auf diesem Wege die Wertigkeit bestimmen zu können, Versuche, die wir demnächst in Angriff zu nehmen gedenken.

Diese Untersuchung hat ergeben:

1. Auf Grund der Erniedrigung der Elektroendosmose des Wassers durch Elektrolyte läßt sich eine Methode ausarbeiten, mit deren Hilfe man schon bei sehr kleinen Mengen (0,01 bis 0,001 mg) die Wertigkeit eines Kations bestimmen kann.

2. Das Radium verhielt sich nach dieser Methode wie zweiwertig.

Wir möchten auch an dieser Stelle der Albrechtstiftung, mit deren Unterstützung diese Untersuchung ausgeführt wurde, bestens danken.

Braunschweig, Phys.-chem. Institut der H. Techn. Hochschule.

Leipzig, Phys.-chem. Institut d. Universität.

(Eingegangen 27. September 1913.)

## Über die Elektrizität der Niederschläge.

Von G. C. Simpson.

Als Nr. 263 der „Veröffentlichungen des Königlich Preußischen Meteorologischen Instituts" erschien soeben eine wichtige Arbeit von F. Schindelhauer „Über die Elektrizität der Niederschläge". Diese Arbeit gibt die Ergebnisse einer dreijährigen Beobachtung der Elektrizität der Niederschläge zu Potsdam wieder und enthält die größte Menge von Daten, die bisher veröffentlicht worden ist.

Als Ergebnis seiner Erörterung der Daten gelangt Herr Schindelhauer zu dem Schlusse, daß in Potsdam kein Überschuß an positiver Elektrizität, die durch Niederschläge hernieder gebracht wurde, vorhanden ist, und daß die Theorie der Gewitterelektrizität, die ich im Jahre 1909 aufgestellt habe[1]), die Tatsachen nicht erklärt. Nachdem Herr Schindelhauer zu diesem Schlusse gelangt ist, sucht er nach einer befriedigenderen Erklärung und glaubt, diese in dem Vorgange einer Influenzwirkung zu finden, die bereits im Jahre 1885 von Elster und Geitel in Vorschlag gebracht worden war.

Es ist eine ganz bekannte Redensart, daß man „mit Statistik alles beweisen kann", und es scheint, daß sie auch in dem vorliegenden Falle zutrifft. Während nämlich Herr Schindelhauer der Ansicht ist, daß seine Zahlen für meine Theorie vernichtend seien, erblicke ich in ihnen eine so gute Bestätigung meiner Theorie, daß ich ganz zufrieden bin, meine Theorie durch sie abgeurteilt zu sehen.

Die zur Erörterung stehende Theorie läßt sich kurz folgendermaßen darstellen: Wenn in der Atmosphäre feuchte Luft aufsteigt, wird diese abgekühlt, und es findet eine Kondensation des in ihr enthaltenen Dampfes statt. Je rascher der Strom ist, um so größer ist die zur Kondensation gelangende Dampfmenge, so daß bei den heftigen aufsteigenden Strömen bei Gewittern die Menge des erzeugten freien Wassers sehr groß ist. Lenard hat gezeigt, daß kein Regen durch einen Luftstrom fallen kann, der mit der Geschwindigkeit von 8 Metern in der Sekunde aufsteigt; Tropfen von kleinerem Durchmesser als 5 mm werden nämlich aufwärts getragen, und Tropfen von größerem Durchmesser sind unbeständig und zerfallen rasch in Tropfen, die klein genug sind, um gleichfalls aufwärts getragen zu werden. In einem heftigen aufsteigenden Luftstrom wird infolgedessen eine Menge Wasser erzeugt, das sich in der Atmosphäre ansammelt und beständig den Prozeß durchmacht, zu großen Tropfen zu werden, nur um wieder in kleine Tropfen zu zerfallen. Ich habe nun früher gezeigt, daß so oft ein Tropfen reinen Wassers in der Luft zerfällt, jedesmal $5\times10^{-3}$ elektrostatische Einheiten negativer Elektrizität als Ionen aus dem Wasser in die Luft entweichen, während die entsprechende positive Ladung von dem Wasser festgehalten wird. Nimmt man diese beiden Tatsachen zusammen, so wird man zu folgendem Mechanismus eines Gewitters geführt.

Die heftigen aufsteigenden Ströme feuchter Luft verursachen in der oberen Atmosphäre eine Anhäufung von Wasser, das beständig aus großen Tropfen in kleine zerfällt. Jedesmal, wenn ein Tropfen zerfällt, erhält das Wasser des Tropfens eine positive Ladung von $5\times10^{-3}$ elektrostatischen Elektrizitätseinheiten, während die entsprechende negative Ladung als Ionen in die Luft übergeht. Diese Ionen werden indessen sofort von den sie auf allen Seiten umgebenden Wolkenteil-

1) Trans. Roy. Soc. (A) **209**, 379—413, 1910; Proc. Roy. Soc. (A) **83**, 394—404, 1910; Memoirs of the Indian Meteorol. Dept. **20** (8), 1910; diese Zeitschr. **11**, 408—413, 1910.

chen absorbiert. Die negative Elektrizität, die sich auf diese Weise an die verhältnismäßig kleinen Wolkenteilchen heftet, wird trotz des durch die Trennung entstehenden starken elektrischen Feldes von dem positiv geladenen Wasser fortgeführt. Wenden wir uns nun wieder dem positiv geladenen Wasser zu, so ist es klar, daß dieses nicht unbegrenzt getragen werden kann, sondern schließlich den Erdboden erreichen muß, entweder indem es an den Außenseiten des aufsteigenden Stromes herabfällt, oder indem dieser Strom selbst aufhört. Hierdurch wird der heftige Regen entstehen, den man in der Mitte eines Gewitters beobachtet, und hiermit wird häufig ein Hagelfall verbunden sein, der ein sicheres Zeichen für heftige aufsteigende Ströme ist; dieser heftige Regen muß positiv geladen sein. Außer dem eben betrachteten heftigen Regenfall wird auch eine beträchtliche Regenmenge durch das Zusammenfließen der negativ geladenen Wolkenteilchen erzeugt werden. Der auf diese Weise entstehende Regen wird negativ geladen sein, und seine Fallgeschwindigkeit wird nicht so groß sein wie die des positiv geladenen Regens in der Mitte des Gewitters. In der Natur verlaufen die Dinge niemals in dieser einfachen Weise, und wir können erwarten, daß gelegentlich leichter positiv geladener und schwerer negativ geladener Regen auftritt; im großen ganzen aber werden wir erwarten, daß leichter Regen in einem Gewitter negativ und heftiger Regen positiv geladen ist.

Diese Theorie schien durch zweijährige Beobachtung der Regenelektrizität in Simla (Indien) in allen Einzelheiten bestätigt zu werden. Der Vollständigkeit halber gebe ich hier die Hauptergebnisse wieder, die ich aus diesen Beobachtungen gewonnen habe, und führe die aus ihnen gezogenen Schlußfolgerungen an.

Tabelle A.

Gesamtmenge des untersuchten Regens: 172,1 cm;

Gesamtmenge positiver Elektrizität, die auf jedes Quadratzentimeter der Oberfläche fiel: 44,0 elektrostat. Einh.;

Gesamtmenge negativer Elektrizität, die auf jedes Quadratzentimeter der Oberfläche fiel: 13,8 elektrostat. Einh.;

Verhältnis der Menge positiver Elektrizität zur Menge negativer: 3,2;

Anzahl der Zeiträume von zwei Minuten, während welcher der Regen positiv geladen war: 2924;

Anzahl der Zeiträume von zwei Minuten, während welcher der Regen negativ geladen war: 1221;

Verhältnis der Anzahl der Zeiträume mit positiv geladenem Regen zur Anzahl jener mit negativ geladenem Regen: 2,5.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß Regen, der eine positive Ladung trägt, einem Strome positiver Elektrizität äquivalent ist, ergab sich (siehe Tabelle B), daß das Verhältnis zwischen der Häufigkeit positiver Ströme und der Häufigkeit negativer Ströme mit zunehmender Stärke des Stromes gleichfalls zunimmt. Mit anderen Worten: starke negative Ströme kommen nicht so häufig vor wie starke positive.

Tabelle B.

| Stromstärke in $10^{-15}$ Ampere per Quadratzentimeter | Anzahl der Zeiträume von je zwei Minuten, während welcher der Strom positiv war | Anzahl der Zeiträume von je zwei Minuten, während welcher der Strom negativ war | Anzahl der positiven Zeiträume / Anzahl der negativen Zeiträume |
|---|---|---|---|
| 2—50 | 2321 | 1033 | 2,2 |
| 50—100 | 363 | 114 | 3,2 |
| 100—150 | 149 | 35 | 4,3 |
| 150—200 | 55 | 8 | 6,9 |
| >200 | 90 (84)[1] | 26 (9)[1] | 3,5 (9,4)[1] |

Die in der Tabelle B angeführten hohen Stromstärken können entweder von starken Ladungen oder von heftigem Regen herrühren. Es ergab sich indessen, daß die positive Ladung um so weniger überwog, je stärker die Ladung an dem Wasser war; tatsächlich überwog bei dem am stärksten geladenen Regen die negative Ladung über die positive (siehe Tabelle C). Es folgt somit, daß die hohen Stromstärken von heftigem Regen herrührten, der positiv geladen war, und dies geht deutlich aus der Tabelle D hervor. Leichter Regen, d. h. solcher von weniger als 0,16 mm Regenhöhe in 2 Minuten, lieferte ebensoviel negative Elektrizität wie positive, und der große Überschuß an positiver Elektrizität, der in Simla verzeichnet wurde, rührte ganz und gar von Regenfall her, der heftiger war als 0,16 mm Regenhöhe in 2 Minuten.

1) Wenn man den abnormen Sturm vom 13. Mai 1908 nicht mit berücksichtigt, so müssen die angeführten Zahlen durch die in Klammern beigefügten ersetzt werden.

Tabelle C.

| Ladung pro Kubikzentimeter Regen in elektrostatischen Einheiten | Anzahl der Zeiträume von je zwei Minuten, während welcher die Ladung positiv war | negativ war | Anzahl der positiven Zeiträume / Anzahl der negativen Zeiträume |
|---|---|---|---|
| 0,1—0,9 | 1953 | 686 | 2,8 |
| 1,0—1,9 | 252 | 122 | 2,1 |
| 2,0—2,9 | 108 | 53 | 2,0 |
| 3,0—3,9 | 60 | 27 | 1,6 |
| 4,0—4,9 | 24 | 15 | |
| 5,0—5,9 | 10 | 7 | |
| 6,0 und >6,0 | 15 | 21 | |

Tabelle D.

| Ungefähre Fallgeschwindigkeit des Regens in mm Regenhöhe in zwei Minuten | Regen ohne Ladung: Anzahl der Zeiträume von je zwei Minuten | Regen mit positiver Ladung: Anzahl der Zeiträume von je zwei Minuten | Mittlere Ladung im Kubikzentimeter Regen in elektrostatischen Einheiten | Gesamte positive Ladung in elektrostatischen Einheiten | Regen mit negativer Ladung: Anzahl der Zeiträume von je zwei Minuten | Mittlere Ladung im Kubikzentimeter Regen in elektrostatischen Einheiten | Gesamte negative Ladung in elektrostatischen Einheiten | Verhältnis zwischen der Anzahl positiver und der Anzahl negativer Zeiträume von je zwei Minuten | Verhältnis der mittleren positiven Ladung im Kubikzentimeter zur mittleren negativen Ladung im Kubikzentimeter | Verhältnis der gesamten positiven zur gesamten negativen Ladung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <0,16 | — | 386 | 1,52 | 3,20 | 293 | 1,92 | 3,06 | 1,3 | 0,8 | 1,0 |
| 0,16 | 1112 | 818 | 0,74 | 9,16 | 420 | 0,87 | 5,47 | 1,9 | 0,8 | 1,7 |
| 0,38 | 300 | 509 | 0,40 | 7,21 | 159 | 0,41 | 2,29 | 3,2 | 1,0 | 3,2 |
| 0,60 | 44 | 231 | 0,21 | 3,19 | 50 | 0,33 | 1,05 | 4,6 | 0,6 | 3,0 |
| 0,82 | 4 | 126 | 0,19 | 1,96 | 13 | 0,15 | 0,12 | 9,7 | 1,3 | 16,3 |
| 1,04 | 0 | 104 | 0,24 | 2,71 | 10 | 0,11 | 0,11 | 10,4 | 2,2 | 24,6 |
| 1,26 | 0 | 63 | 0,26 | 2,13 | 7 | 0,13 | 0,11 | 9,0 | 2,0 | 19,4 |
| 1,48 | 1 | 63 | 0,26 | 2,38 | 2 | 0,10 | 0,03 | 31,5 | 2,6 | 79,3 |
| 1,70 | 0 | 27 | 0,28 | 1,38 | 1 | 0,10 | 0,01 | 27,0 | 2,8 | 138,0 |
| >1,70 | 0 | 74 | 0,21 | 4,81 | 4 | 0,05 | 0,07 | 18,5 | 4,2 | 68,7 |

Diese Tabellen stützen die Theorie in bemerkenswerter Weise:

**a)** Nach der Theorie findet die Trennung der Elektrizität nur dann statt, wenn ein Tropfen zerfällt. Dabei wird die positive Ladung von dem Tropfen festgehalten und die negative seitens der Wolke absorbiert. Da der größere Teil des Wassers, welches die positive Ladung hält, zu Boden fällt, während ein großer Bruchteil der Wolke, welche die negative Elektrizität trägt, niemals als Regen niedergeschlagen wird, so ist in dem Regen, den man am Erdboden beobachtet, ein Überschuß an positiver Elektrizität zu erwarten. Das steht mit den in der Tabelle A aufgeführten Ergebnissen in Einklang.

**b)** Heftiger Regen kann nur durch rasch aufsteigende Strömungen verursacht werden, und da diese Strömungen dem Regen erst dann gestatten werden, zu fallen, wenn er vielfach zerfallen ist und dabei positiv geladen worden ist, so dürfen wir erwarten, daß die Hauptmenge der positiven Ladung mit heftigem Regen verbunden ist. Die Tabelle D lehrt, daß dies in Simla der Fall war.

**c)** Negativ geladener Regen wird dadurch gebildet, daß negativ geladene Wolkenteilchen abseits von den heftigen aufsteigenden Strömungen zusammenfließen. Ein solcher Regen kann nicht heftig sein, und wir werden daher erwarten, daß die Hauptmenge der negativen Elektrizität mit leichtem Regen verbunden ist. Die Tabelle D zeigt, daß dies gleichfalls zutrifft.

**d)** Der größere Teil des heftigen Regens fällt in der Nähe der Stellen, wo die aufsteigenden Ströme am heftigsten sind. In diesem Gebiete sind die Wolken, die durch die aufsteigenden Ströme verursacht werden, am tiefsten und am dichtesten und enthalten am meisten von der vom Wasser getrennten negativen Elektrizität. Es wird eine beträchtliche Menge negativ geladener Regen aus der Wolke fallen und sich mit dem positiven Regen vermischen, und wir können daher erwarten, daß die Ladung in der Volumeneinheit Wasser infolge der Vermischung von

Regen mit verschiedenartiger Ladung in dem Maße abnimmt, wie die Stärke des Regenfalles zunimmt. Die Tabelle D lehrt, daß dies der Fall ist.

e) Negativ geladener Regen wird aus einer negativ geladenen Wolke gebildet. Wenn nun eine Wolke, die eine gegebene Menge negativer Elektrizität enthält, aus dem Gebiete der aufsteigenden Strömungen fortgeweht wird und durch Verdampfung dünner wird, so kann die negative Ladung an der Einheit Wasser sehr groß werden, und wenn diese Wolke dann später als Regen niedergeschlagen wird, so kann sich hieraus sehr stark negativ geladenes Wasser ergeben. Mit diesem negativen Regen wird kein positiver Regen vermischt sein, und es ist daher durchaus zu erwarten, daß der am stärksten geladene Regen negativ sein wird. Ein derartiger stark geladener negativer Regen ist nicht in der Nähe der Mitte eines Gewitters zu erwarten, sondern vielmehr an den Rändern des Gewitters oder aus der Wolke, die am Ende des Gewitters zurückbleibt. Bei verschiedenen Gelegenheiten wurde beobachtet, daß ein solcher stark geladener negativer Regen in Simla von dünn bewölktem Himmel fiel, und die Tabelle D zeigt deutlich die hohe negative Ladung an leichtem Regen.

Ich bin im vorstehenden einigermaßen gründlich auf Einzelheiten eingegangen, weil ich dartun möchte, wie die Folgerungen aus der Theorie ohne eine einzige Ausnahme durch die Potsdamer Messungen bestätigt werden, und daß Herr Schindelhauer nicht zu dem Schlusse berechtigt ist, daß seine Messungen für die Theorie vernichtend seien. Man darf nicht vergessen, daß meine Theorie eine Theorie der Gewitterelektrizität ist, und daß sie, wie ich selbst zugegeben habe, erweitert werden muß, um die Elektrizität des Schnees zu erklären. Ob die Spaltung der Tropfen in der Luft die Elektrizität des „Landregens" erklären kann, vermag ich nicht zu sagen, denn ich habe keine Gelegenheit gehabt, diese Frage zu untersuchen; wenn ich aber nach den in Potsdam gewonnenen Ergebnissen urteilen darf, so möchte ich geneigt sein, zu sagen, daß sie es kann. Ich werde meine Bemerkungen im folgenden deshalb hauptsächlich auf jene Teile der Arbeit des Herrn Schindelhauer beschränken, die sich mit den Gewitterniederschlägen befassen. Ich hoffe, ein andermal Gelegenheit zu haben, die Frage nach dem Landregen und dem Schnee zu erörtern.

Ehe ich die elektrischen Ergebnisse der Potsdamer Beobachtungen erörtere, muß ich auf den Charakter des Niederschlages eingehen, der untersucht worden ist. Das erste, was mir beim Lesen der Arbeit des Herrn Schindelhauer auffiel, war das völlige Fehlen von schwerem Regen unter der Rubrik „Gewitterregen". Die Daten, auf Grund derer die Stärke des Regenfalles zu beurteilen ist, sind in der Arbeit sehr unvollständig angegeben; nehme ich aber die auf Seite 37 angegebenen Zahlen, so finde ich, daß sich nur 8 v. H. seiner Beobachtungen an „Gewitterregen" auf Regen von größerer Stärke als 0,28 mm in zwei Minuten beziehen, während 35 v. H. solchen Regen betreffen, dessen Stärke geringer war als 0,014 mm in zwei Minuten. Regen von 0,28 mm in zwei Minuten ist nun ein sehr leichter Regen für ein Gewitter, und Regen von 0,014 mm in zwei Minuten ist nur ein Staubregen („drizzle"). Ein Blick auf die Tabelle D wird zeigen, wie ganz anders die Verhältnisse in Simla lagen, wo 37 v. H. aller Beobachtungen an Regenfällen gemacht wurden, die 0,38 mm in zwei Minuten überstiegen. Von dem in Potsdam gemessenen Gewitterregen kann nur sehr wenig im Gebiete heftiger aufsteigender Ströme gefallen sein, denn sonst würden mehr heftige Regenfälle vorhanden gewesen sein; unter diesen Umständen müssen wir erwarten, daß der Regen die elektrischen Merkmale von Regen zeigt, der an den Rändern der Ströme fällt, durch die er erzeugt worden ist. Ferner ergänzen die Beobachtungen an Gewitterregen die in Potsdam angestellten Beobachtungen an Gewitterniederschlägen nicht, denn da Hagel praktisch immer von Donner und Blitz begleitet ist, müssen die Beobachtungen an Hagel- und Graupelfällen, die Herr Schindelhauer vom Gewitterregen getrennt hält, mit unter die Gewitterniederschläge einbezogen werden. Auch war der untersuchte Hagel mehr oder weniger von Regen begleitet, denn Herr Schindelhauer sagt: „Eine scharfe Trennung von anderen Niederschlagsformen hat sich nicht durchführen lassen; es sind auch diejenigen Fälle berücksichtigt worden, bei denen Hagel oder Graupeln mit Schnee oder Regen vermischt auftraten." Wir haben oben gesehen, daß wir erwarten dürfen, daß der Gewitterregen die charakteristischen Merkmale des Niederschlages von den Außenrändern der Gewitterstürme aufweist. Da nun Hagel immer ein sicheres Zeichen für heftige aufsteigende Strömungen ist, so müssen wir erwarten, daß der Hagel und der ihn begleitende Regen die elektrischen Merkmale des Niederschlages aus der Mitte von Gewittern aufweisen, und beide zusammengenommen müssen für Gewitternie-

derschläge im allgemeinen typisch sein. Wir sind nunmehr in der Lage, die elektrischen Ergebnisse zu deuten.

Ich habe weiter oben unter **a, b, c, d** und **e** die hauptsächlichen Ergebnisse der in Simla angestellten Beobachtungen mitgeteilt. Wir wollen nun die Potsdamer Beobachtungen im Hinblick auf dieselben Punkte untersuchen und einen Punkt nach dem andern vornehmen.

**a)** Von den „Gewitterniederschlägen" herabgebrachter Überschuß an positiver Elektrizität.

Es liegt auf der Hand, daß wir in diesem Zusammenhange alle Niederschläge berücksichtigen müssen, die während der Gewitter auftraten, also sowohl Regen als auch festen Niederschlag. Die in Potsdam gewonnenen Ergebnisse können wir folgendermaßen zusammenstellen:

| | + Ladung | | — Ladung | | Verhältnis $\frac{e+}{e-}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Gesamtladung in elektrostat. Einheiten, $e+$ | Anzahl der Beobachtungen | Gesamtladung in elektrostat. Einheiten, $e-$ | Anzahl der Beobachtungen | |
| Gewitterregen | 4,46 | 667 (42)[1] | 4,47 | 583 (29) | 1,0 |
| Hagel- und Graupelfälle[2] | 1,10 | 93 (7) | 0,36 | 46 (4) | 3,1 |
| Zusammen: | 5,56 | 760 (49) | 4,83 | 629 (33) | 1,15 |

Dieses Ergebnis zeigt einen Überschuß von 0,73 elektrostatischen Einheiten positiver Elektrizität und das Verhältnis $\frac{e+}{e-} = 1{,}15$. Der Überschuß und das Verhältnis müssen indessen größer sein, als diese Zahlen es angeben, denn von den 80 Fällen, in denen der Ausschlag die Grenze der Registrierung erreichte, waren 49 positiv und nur 31 negativ. Wenn man diese verlorenen Ladungen hätte mit einbeziehen können, so würde der Überschuß größer gewesen sein. Daß der Überschuß und das Verhältnis viel kleiner sind als in Simla, rührt ausschließlich davon her, daß in Potsdam jeder merkliche heftige Regenfall fehlt; es kann aber nicht zweifelhaft sein, daß beide Werte real sind. Die Verteilung der Elektrizität ist auch die, welche wir auf Grund der Theorie erwarten würden; der Regen nämlich, der, wie ich oben gezeigt habe, von den Rändern der Gewitterstürme herabfiel, hatte einen geringen Überschuß an negativer Elektrizität; der in der Nähe der Mitte gefallene Niederschlag hingegen, wie er durch die Gegenwart von Hagel gekennzeichnet ist, hatte einen großen Überschuß an positiver Elektrizität, denn das Verhältnis $e+ : e-$ war hier 3 : 1, also ebenso groß wie das in Simla gefundene Verhältnis. Es mag richtig sein, wenn Herr Schindelhauer sagt: „Es wird also nicht angehen, aus den Potsdamer Registrierungen zugunsten irgendeiner Gewittertheorie das Übergewicht eines Vorzeichens herleiten zu wollen"; aber noch weit richtiger ist es, daß die Potsdamer Ergebnisse nicht gegen eine Theorie ins Treffen geführt werden können, welche verlangt, daß leichter Gewitterregen einen Überschuß an negativer Elektrizität hat, und daß der aus der Nachbarschaft der aufsteigenden Hauptströmungen kommende Niederschlag einen großen Überschuß an positiver Elektrizität besitzt.

**b)** und **c).** Die positive Ladung ist hauptsächlich mit heftigem Regen verbunden und die negative Ladung mit leichtem Regen.

Herr Schindelhauer stimmt mit mir darin überein, daß seine Beobachtungen diesen Satz bestätigen. Die Tabelle, die er auf Seite 34 gibt, ist aber so lehrreich, daß ich sie hier wiedergeben will.

Gewitterregen (Potsdam).

| Stärke des Regenfalles | 0 bis 0,014 mm in 2 Min. | 0,014 bis 0,042 mm in 2 Min. | >0,042 mm in 2 Min. |
|---|---|---|---|
| Gesamtmenge positiver Elektrizität, $e+$ . . | 0,16 $\frac{\text{el.-stat. Einh.}}{\text{cm}^2}$ | 0,56 $\frac{\text{el.-stat. Einh.}}{\text{cm}^2}$ | 1,36 $\frac{\text{el.-stat. Einh.}}{\text{cm}^2}$ |
| Gesamtmenge negativer Elektrizität, $e-$ . . | 0,31 „ | 0,85 „ | 0,92 „ |
| Verhältnis $\frac{e+}{e-}$ . . . . . | 0,5 „ | 0,7 „ | 1,5 „ |

1) Die in Klammern beigefügten Zahlen geben an, wie oft die Grenze des Meßbereichs erreicht worden ist, und wie oft infolgedessen ein Teil der Ladung sich der Messung entzieht.

2) Da aller Gewitterregen zwischen April und Oktober fiel, habe ich nur die auf eben diese Monate entfallenden Hagel- und Graupelfälle einbezogen. Hätte ich sämtliche Daten für Hagel- und Graupelfälle einbezogen, so würde dadurch meine Sache noch gestärkt worden sein.

Der in Simla beobachtete Regenfall von geringerer Stärke als etwa 0,16 mm in zwei Minuten ließ sich nicht in Gruppen teilen, und infolgedessen ließ sich der tatsächliche Übergang von positivem zu negativem Überschuß mit abnehmender Regenstärke nicht zeigen, sondern es konnte nur auf ihn geschlossen werden. Die Potsdamer Beobachtungen, die es

Gewitterregen (Potsdam).

| Stärke des Regenfalles | | 0 bis 0,028 mm in 2 Min. | 0,028 bis 0,070 mm in 2 Min. | 0,070 bis 0,210 mm in 2 Min. | > 0,210 mm in 2 Min. |
|---|---|---|---|---|---|
| Mittlere Ladung per cm³ Wasser | + | 2,23 (22) | 1,42 (13) | 1,08 (14) | 0,22 (8) |
| (Anzahl der Beobachtungen) | − | 5,06 (25) | 2,26 (6) | 0,40 (6) | 0,10 (8) |
| Verhältnis | | 0,44 | 0,63 | 2,7 | 2,2 |

fast ausschließlich mit leichten Regenfällen zu tun haben, zeigen den Übergang. Die umstehende Tabelle verträgt sich mit der Tabelle D und kann als Fortsetzung dieser angesehen werden. In dieser Hinsicht bilden die in Potsdam gewonnenen Ergebnisse eine noch vollkommenere Stütze der Theorie als die für Simla erhaltenen.

d) Die Ladung in der Volumeneinheit Wasser nimmt mit zunehmender Stärke des Regens ab.

Die Potsdamer Ergebnisse bestätigen diesen Satz, besonders im Hinblick auf den negativ geladenen Regen. In der Tabelle auf Seite 37, in der Herr Schindelhauer diese Ergebnisse darlegt, sind die Beobachtungen zu wenig zahlreich, um ihre Einteilung in acht Gruppen zu rechtfertigen, und das Ergebnis tritt deutlicher zutage, wenn man die Zahl der Gruppen auf vier verringert. (S. obenstehende Tabelle.)

e) Die Ladung im Kubikzentimeter Wasser ist bei negativ geladenem Regen größer als bei positiv geladenem.

Dieser Satz wird durch die vorstehende Tabelle deutlich dargetan, und es ist unnötig, mehr darüber zu sagen.

Wir haben nunmehr die in Potsdam beobachteten Gewitterniederschläge so ausführlich erörtert, wie es die in der uns vorliegenden Arbeit angegebenen Daten gestatten, und wir haben gefunden, daß die Ergebnisse in allen wesentlichen Punkten mit dem übereinstimmen, was wir nach der Theorie zu erwarten haben. Es hat sich keine neue Tatsache herausgestellt, die der Theorie entgegenstände, und das ist ein wichtiger Punkt angesichts des Umstandes, daß die Beobachtungen so umfangreich sind und so lange fortgesetzt wurden. Ehe ich dazu übergehe, die Gegentheorie des Herrn Schindelhauer zu erörtern, möchte ich ein paar allgemeine Bemerkungen über die Potsdamer Messungen machen. Diese Messungen sind, wie ich schon eingangs gesagt habe, die vollständigsten, die bisher angestellt worden sind. Es ist daher nicht nur wünschenswert, sondern unabweislich, daß wir sämtliche Lehren kennen lernen, die sich aus ihnen ziehen lassen. Ich hoffe denn auch zuversichtlich, daß das Meteorologische Institut zu Potsdam Mittel und Wege finden wird, nicht nur die Folgerungen des Herrn Schindelhauer zu veröffentlichen, sondern auch die einzelnen Beobachtungen[1]). Ich führe im folgenden einige Punkte an, die mir bei der Vorbereitung dieser Mitteilung als solche aufgefallen sind, über die weitere Aufschlüsse erwünscht sind.

Wie man bemerken wird, wurde im Jahre 1911 negative Elektrizität nur während der Hälfte der Zeit beobachtet wie im Jahre 1909; trotzdem war die Gesamtmenge negativer Elektrizität im Jahre 1911 viel größer als im Jahre 1909. Dasselbe gilt für die positive Elektrizität, wenn auch nicht in so großem Maße. Es muß hierfür irgendein Grund vorliegen, und man möchte gern erfahren, was dies für einer ist. Waren die Mengenverhältnisse der verschiedenen Niederschlagsarten in den beiden Jahren verschieden? oder beruht der Unterschied auf verbesserten Verfahren zum Auffangen und zum Messen der Elektrizität?

Auf Seite 25 findet man angegeben, daß der Regenfall aller Arten das Äquivalent von 41868 $\frac{\text{Amp.}^{-15}}{\text{cm}^2}$ positiver Elektrizität in zwei Minuten und von 32885 $\frac{\text{Amp.}^{-15}}{\text{cm}^2}$ negativer Elektrizität in zwei Minuten hernieder gebracht hat. Dieser Regenfall wird dann folgendermaßen in Landregen, Böenregen und Gewitterregen eingeteilt:

| | $\frac{\text{Amp.}^{-15}}{\text{cm}^2}$ pos. Elektr. in 2 Minuten | $\frac{\text{Amp.}^{-15}}{\text{cm}^2}$ neg. Elektr. in 2 Minuten |
|---|---|---|
| Landregen | 4924 | 425 |
| Böenregen | 4913 | 6196 |
| Gewitterregen | 12283 | 12512 |
| Zusammen | 22120 | 19133 |

Es bleiben demnach 19748 positive und 13752 negative Einheiten unberücksichtigt. Es würde interessant sein, zu erfahren, was für eine Art von Regen das war, der nahezu die Hälfte der gesamten Elektrizitätsmenge hernieder brachte und weder als Landregen, noch als Böenregen, noch als Gewitterregen klassi-

1) Die vollständigen in Simla gewonnenen Daten sind im 8. Teil des 20. Bandes der „Memoirs of the Indian Meteorological Department" veröffentlicht worden. Ich besitze einige Abdrücke dieser Veröffentlichung, die ich jedem, der sich für diese Arbeit interessiert, gern zusenden werde.

fiziert werden konnte. Es ist ferner interessant, zu bemerken, daß 5996 Einheiten positiver Elektrizität mehr unberücksichtigt sind als negativer. Bei so reichlicher Marge liegt es auf der Hand, daß die gezogenen Folgerungen stark von dem angewandten Einteilungsverfahren abhängen, und daß eine weitere Diskussion andere Ergebnisse zeitigen könnte.

Die Potsdamer Messungen erstreckten sich über 36 Monate, und aus der Tabelle IV der Veröffentlichung ersehen wir, daß während des Regens die Elektrometernadel in 64 Fällen die äußerste Grenze der Registrierung für den negativen Strom $\left(112\,\frac{\text{Amp.}\,10^{-15}}{\text{cm}^2}\right)$ erreichte; von diesen 64 Fällen traten 33 im Mai 1909 auf. Mithin war dieser eine Monat für die Hälfte sämtlicher größten negativen Stromstärken verantwortlich, die verzeichnet wurden. Diese 33 Beobachtungen sind weder unter Landregen, noch unter Böenregen, noch unter Gewitterregen mit einbezogen, und es würde sehr interessant sein, zu erfahren, welcher Art der Regen war, der solch abnorme elektrische Eigenschaften besaß.

Wie ich oben dargelegt habe, steht es außer Zweifel, daß die Gewitterniederschläge in Potsdam mehr positive Ladung hernieder gebracht haben als negative. Wie mir scheint, lehren die Messungen auch, daß, wenn man sämtliche Arten des Niederschlages berücksichtigt, dasselbe Ergebnis gilt, obgleich Herr Schindelhauer den entgegengesetzten Schluß zieht. Bei der Erörterung dieser Frage begegnet Herr Schindelhauer der Schwierigkeit, daß bei einer großen Anzahl seiner Messungen die Elektrometerausschläge über die Grenze der Registrierung hinausgingen, und daß er infolgedessen nicht imstande war, den genauen Betrag der hernieder gebrachten Elektrizitätsmenge zu bestimmen. Er sagt: „Die gesamte während der 3 Jahre von den Niederschlägen herunter gebrachte positive Elektrizitätsmenge beträgt, auf einen Quadratzentimeter Oberfläche berechnet, 17,10 elektrostatische Einheiten, die negative 12,17 Einheiten, das Verhältnis beider ist also nur 1,4. Hierbei ist zu bemerken, daß nur diejenigen Ausschläge für die Berechnung dieser Zahlen benutzt worden sind, welche innerhalb des Meßbereichs geblieben sind, wodurch das Resultat zuungunsten der negativen Ladungen verschoben wird. Wie später gezeigt werden wird, sind unter den Ausschlägen, die über die Grenze der Skala hinausgingen, mehr negative als positive". Ich vermag nun nirgends in der Veröffentlichung zu finden, wo gezeigt wird, „daß unter den Ausschlägen, die über die Grenze der Skala hinausgingen, mehr negative als positive sind."[1] In den Tabellen IV, VIII und IX der Veröffentlichung ist angegeben, wie oft die Grenzen erreicht wurden, und wenn ich diese Zahlen addiere, so erhalte ich folgende Werte:

| | Anzahl der Fälle, in denen die Grenzen der Registrierung erreicht wurden | |
|---|---|---|
| | + | − |
| Regen | 95 | 103 |
| Hagel und Graupeln | 23 | 4 |
| Schnee | 14 | 27 |
| Zusammen | 132 | 134 |

Es ist ganz unmöglich, zu sagen, wieviel Elektrizität jedesmal verloren geht, wenn das Elektrometer die Grenze des Papiers erreicht, und man muß deshalb jedem einzelnen dieser Fälle das gleiche Gewicht beilegen, obgleich einige von ihnen erhalten wurden, während das Elektrometer empfindlich war, und einige, während es unempfindlich war. Wenn man dies tut, so kann man nicht sagen, daß merklich mehr negative Ladung infolge übermäßiger Stromstärken verloren gegangen sei als positive. Wenn Herr Schindelhauer nicht irgendwie gute Gründe hat, zu zeigen, weshalb die 134 negativen Verluste merklich mehr Ladung enthalten müssen als die 132 positiven, kann man seine Schlußfolgerung, daß der von dem Niederschlag in Potsdam herunter gebrachte Überschuß an positiver Elektrizität nur ein scheinbarer sei, nicht ohne Vorbehalt annehmen.

Wir wollen uns nun der theoretischen Seite der Frage zuwenden und sehen, welchen Erfolg Herr Schindelhauer mit seinen Erklärungen erzielt. Im Jahre 1885 kamen Elster und Geitel zu dem Schlusse, daß sich die Niederschlagselektrizität durch eine Influenzwirkung erklären ließe; durch diese Influenzwirkung würde bewirkt werden, daß die während des Niederschlages verlaufenden Vorgänge denen an einer großen Influenzmaschine ähnlich würden, und zwar würde die zum Antrieb der Ma-

1) Auf Seite 24 erörtert Herr Schindelhauer 120 Fälle, die auftraten, während das Elektrometer das größte Meßbereich hatte. Von diesen Fällen waren 80 negativ und 40 positiv. Herr Schindelhauer meint nun, daß die bei diesen 40 überschießenden negativen Ausschlägen verloren gegangene Ladung hinreichend war, um die 5 elektrostatischen Einheiten zu liefern, die erforderlich sind, um die gesamte empfangene negative Ladung der gesamten positiven gleich zu machen. Ich möchte darauf hinweisen, daß 33 von diesen 40 großen Ausschlägen die oben erwähnten sind, die sämtlich am 19. Mai 1909 auftraten, und ferner darauf, daß Herrn Schindelhauers Schätzung, wonach in jedem Falle 0,1 elektrostatische Einheit verloren gegangen wäre, viel zu groß ist.

schine erforderliche Energie von der Energie der Winde und des fallenden Niederschlages geliefert werden. Elster und Geitel erklären zwei Wege, auf denen die Vorgänge wirken könnten; der eine von diesen würde auf dem Zerfall der Tropfen ohne Zusammenstöße beruhen, der andere auf Zusammenstößen ohne Zerfall. Ich will nun, dem Vorgange des Herrn Schindelhauer folgend, jeden dieser beiden Wege für sich betrachten. Was den erstgenannten Weg angeht, so schreiben Elster und Geitel: „Ein Wassertropfen, frei in der Luft schwebend gedacht, von dessen Oberfläche kleine Tröpfchen nach oben abfliegen, würde gleichfalls eine positive Potentialdifferenz gegen die Erde annehmen, entsprechend der Niveaufläche, in der er sich befindet. Es hat keine Schwierigkeit, sich einen Wassertropfen von der Größe vorzustellen, daß er beim Herabsinken nach Erreichung einer bestimmten Fallgeschwindigkeit nicht mehr als zusammenhängende Masse bestehen kann. Er wird zerreißen; die kleinen Teiltröpfchen bleiben im Felde zurück, die größeren eilen voran. Erstere müssen negativ, letztere positiv geladen sein. Gesetzt, es entstünde in der Luft plötzlich eine größere Wassermenge, die beim Herabfallen sich in einen Schwarm von Tropfen auflöst, so müssen die zuerst an der Erdoberfläche ankommenden größeren sich positiv, die nachfolgenden staubförmigen sich negativ elektrisch erweisen." Wir wollen diesen Gedanken etwas weiter in seine Einzelheiten hinein verfolgen. Wir wollen einen ungeladenen Tropfen betrachten, der in der Atmosphäre schweben möge. Infolge des normalen Erdfeldes wird auf seiner unteren Hälfte eine positive und auf seiner oberen Hälfte eine negative Ladung induziert werden. Wenn nun der Tropfen zerfällt, kann diese Ladung getrennt werden, aber der Betrag, der getrennt wird, wird ganz und gar davon abhängen, auf welche Weise der Tropfen zerfällt. Wenn ein kleiner Tropfen von der oberen Hälfte abgelöst wird, so wird die Ladung, die er mit fortnimmt, negativ sein; wenn er von der unteren Hälfte abgelöst wird, so wird er eine positive Ladung mit fortführen, und wenn er von der Seite aus abbricht, so wird er praktisch überhaupt keine Ladung entführen. Lenard[1]) hat nun gezeigt, daß der normale Weg, auf dem ein großer Tropfen in ruhiger Luft zerfällt (kleine Tropfen zerfallen nicht ohne Zusammenstoß), der ist, daß der Tropfen infolge der durch die rasche Luftbewegung erregten Zentrifugalkräfte deformiert wird, bis sich der Tropfen plötzlich zu einem horizontalen Ringe öffnet, der in einen Kranz von kleinen Tropfen zerfällt. Ein Tropfen, der auf diese Weise zerfällt, würde offenbar keine Trennung der Elektrizität verursachen. Andererseits fand Lenard, daß in „stürmisch bewegter Luft" die Tropfen höchst unregelmäßig zerfallen, und zwar zerfällt die Mehrzahl in einen großen Tropfen und mehrere kleine Tropfen. Auf welche Weise genau diese kleinen Tropfen den großen Tropfen verlassen, zeigen die Versuche nicht, aber im Hinblick auf die Art und Weise, wie ein Tropfen in ruhiger Luft zerfällt, ist es überaus wahrscheinlich, daß sie von den Seiten des großen Tropfens abfallen und eine geringe oder gar keine Trennung von Elektrizität verursachen. Bei aufsteigenden Luftströmungen werden indessen die kleinen Tropfen ein Bestreben zeigen, von der oberen Hälfte des großen Tropfens fortzugehen, und daher werden, falls überhaupt irgendwelche Elektrizitätstrennung stattfindet, die kleinen Tropfen die negative Ladung mit fortführen, und die großen Tropfen werden eine positive Ladung behalten. Die Elektrizitätsmengen, die auf diese Weise getrennt werden, können unter den günstigsten Umständen nur sehr gering sein, und Herr Schindelhauer ist im Irrtum, wenn er auf Seite 43 seiner Arbeit sagt: „Niemand wird bestreiten, daß dieses Zerspritzen in der freien Atmosphäre stets in elektrischen Feldern vor sich geht, und dann muß auch die geschilderte Kollektorwirkung eintreten und den etwa auftretenden Lenard-Effekt quantitativ verdecken." Wir wollen die Rechnung ausführen, auf welche diese Behauptung hätte gegründet werden sollen. Wir nehmen an, daß der Effekt, den wir hier betrachten, dann beginnt, wenn sich der Niederschlag im normalen Erdfelde bildet. Die elementare Elektrostatik lehrt, daß an einer ungeladenen leitenden Kugel vom Halbmesser $a$, die in einem Felde $F$ angeordnet ist, auf jeder Hälfte eine Ladung von $^3/_4\ Fa^2$ induziert wird. Nun ist $F$ gleich 1 Volt/cm, und nach Lenard zerfällt ein Tropfen erst, wenn er einen Durchmesser von 5 mm hat. Wenn daher $Q$ die Ladung auf jeder Hälfte der Kugel ist, so ist $Q = 2 \times 10^{-4}$ elektrostat. Einheiten. Nun kann nicht diese ganze Elektrizitätsmenge getrennt werden, es sei denn, daß der Tropfen genau längs seines horizontalen Durchmessers zerfiele; mithin kann die Ladung, die durch diesen Vorgang im normalen Erdfelde getrennt wird, unmöglich mehr betragen als $2 \times 10^{-4}$ elektrostatische Einheiten, und in der Mehrzahl der Fälle wird sie nur einen kleinen Bruchteil dieses Betrags ausmachen. Die Ver-

1) P. Lenard, Meteor. Zeitschr. 1904, 253.

suche, auf welche ich meine Theorie gegründet habe, haben nun gezeigt, daß beim Zerfall eines Tropfens in der Luft durch den Lenard-Effekt $5\times10^{-3}$ elektrostatische Einheiten getrennt werden; auch ist die Trennung eine effektive, denn die gesamte positive Elektrizität verbleibt in dem Wasser, und die negative geht in die Luft über. Somit ist der „Lenard-Effekt" stets zwanzigmal wirksamer, als die „Kollektorwirkung" unter den vollkommensten Bedingungen für ihre Betätigung sein könnte.

Wir sehen mithin, daß die Influenzwirkung, die auftritt, wenn ein Tropfen im normalen Erdfelde zerfällt, klein ist im Vergleich zu der Wirkung, die vom Lenard-Effekt herrührt, und es scheint daher keinen Zweck zu haben, wenn wir bei unserer Erklärung der Regenelektrizität letzteren durch erstere ersetzen.

Wir haben nun den Fall eines ohne Zusammenstoß zerfallenden Tropfens betrachtet und wollen uns jetzt dem Falle eines Zusammenstoßes ohne Zerfall zuwenden. Herr Schindelhauer zitiert Elster und Geitel mit folgenden Worten: „Wenn größere Niederschlagsteilchen (Regentropfen oder Hagelkörner) eine Wolke durchfallen, so müssen sie auf ihrer Bahn mit den sehr feinen Elementartropfen zusammentreffen, die in ihrer Ansammlung die Wolke bilden. Nach einem in einer früheren Abhandlung mitgeteilten Versuche ist anzunehmen, daß bei diesem Zusammentreffen größerer und kleinster Tropfen keineswegs immer eine Verschmelzung derselben eintritt, sondern daß auch ein Gleiten der kleineren an den größeren stattfinden kann. Wir glauben, durch einen Versuch nachgewiesen zu haben, daß bei diesem Gleiten von Wasserstaub an ausgedehnten Wasserflächen in dem Berührungspunkte keine vollständige Isolation in elektrostatischer Beziehung vorhanden ist. Danach werden also die feinsten Wolkenelemente, wenn sie von einem fallenden Niederschlagsteilchen getroffen werden, indem sie von diesem abgleiten, die Rolle der Tropfen eines Wasserkollektors spielen, d. h. in dem elektrischen Felde der Atmosphäre selbst negativ geladen werden, die fallenden Niederschläge aber positiv elektrisieren." Dieser Satz enthält einen schweren Fehler, denn da die kleinen Tropfen die großen an deren Unterseite treffen, die im normalen Erdfelde eine positive Ladung hat, werden sie positiv geladen werden, und nicht negativ, wie es oben heißt. Herr Geitel hat in seinem Vortrag im Verein für Naturwissenschaft in Braunschweig am 21. Oktober 1912 diesen Fehler richtig gestellt. Dem Bericht über diesen Vortrag, der in Nr. 263 der Braunschweigischen Anzeigen vom 8. November 1912 erschienen ist, entnehme ich die nachstehenden Sätze: „Überholt z. B. ein fallender großer Tropfen einen kleineren (der sich infolge des Luftwiderstandes langsamer bewegt), und prallt dabei der kleinere an der unteren Seite des größeren ab, so würde er bei der normalen Richtung des elektrischen Feldes der Erde sich positiv aufladen, während der größere negative Elektrizität mitnimmt." — „Eine Folge des hier angedeuteten Prinzips ist, daß die Elektrizität der Niederschläge im allgemeinen von demselben Vorzeichen sein muß wie die zugleich vorhandene elektrische Ladung der Erdoberfläche."

Das ist ein grundlegender Unterschied, denn dadurch ändert sich das Vorzeichen sämtlicher in Frage kommender Erscheinungen. Herr Schindelhauer ist dadurch, daß ihm dieser Unterschied entgangen ist, zu sonderbaren Ergebnissen geführt worden. Herr Schindelhauer sagt nämlich: „Die Ergebnisse der Potsdamer Registrierungen scheinen in verschiedenen Punkten für die Richtigkeit dieser Anschauungen zu sprechen" und geht dann dazu über, seine Anschauung zu entwickeln. Er zeigt, wie die Theorie die positive Ladung heftigen Regens und Hagels erklärt, wieso es kommt, daß die Ladung negativer Elektrizität im Kubikzentimeter größer ist als die Ladung positiver Elektrizität. Er findet, daß die Theorie auch imstande ist, die negative Ladung des Schnees zu erklären, sowie viele Einzelheiten, die ich hier nicht anführen kann. Kurzum, Herr Schindelhauer findet, daß die falsche Theorie die Beobachtungen so gut erklärt, daß man neugierig ist, welchen Nutzen er in der berichtigten Theorie finden wird, wie sie von Herrn Geitel in Braunschweig entwickelt worden ist.

Betrachten wir nunmehr die allgemeine Frage nach der Influenzwirkung, die während des Niederschlags stattfindet, so kann nicht der geringste Zweifel darüber bestehen, daß, wenn ein Wassertropfen in einem elektrischen Felde zerfällt, eine gewisse örtliche Trennung der Elektrizitäten erfolgen muß; ich habe aber weiter oben dargetan, daß diese Trennung im normalen Felde der Erde sehr gering sein muß und daher nicht die Ursache von Gewittern sein kann. Daß sie einen Faktor bilden kann, wenn die hohen Feldstärken, die in Gewittern vorkommen, sich erst einmal eingestellt haben, läßt sich nicht leugnen. Es ist jedoch wichtig, daß wir uns gegenwärtig halten, daß die Spaltung von Tropfen, wenn wir sie von Zusammenstößen getrennt betrachten, das Feld, in dem sie auftritt, nur verringern

und nicht verstärken kann. Eine wie große Rolle das Zusammenprallen von Tropfen in Gewittern spielt, läßt sich schwer schätzen. Daß kleine ungeladene Tropfen voneinander abprallen werden, ist sicher; angesichts der allbekannten Wirkung, die ein elektrisches Feld auf einen Wasserstrahl ausübt, und die darin besteht, daß es die Tropfen veranlaßt, sich zu vereinigen, angesichts dieser Wirkung ist es aber sehr fraglich, ob das Zusammenprallen von Tropfen in Gewittern irgendwie eine große Rolle spielt. Dieser Effekt eignet sich gut zur Untersuchung im Laboratorium, und Versuche in dieser Richtung würden fruchtbar an Ergebnissen sein.

Zusammenfassung.

1. In Potsdam wird von dem Niederschlag mehr positive Elektrizität heruntergebracht als negative, aber der Überschuß ist geringer als in Simla, ausgenommen bei Hagel- und Graupelfällen.

2. Die Ergebnisse der Potsdamer Beobachtungen über Gewitterniederschläge stimmen in allen Einzelheiten mit den in Simla erhaltenen überein und stützen die von mir im Jahre 1909 aufgestellte Theorie über den Ursprung der Gewitterelektrizität.

3. Eine weitere Erörterung der Potsdamer Aufzeichnungen ist wünschenswert, und ich habe mehrere Punkte erwähnt, über welche wir weiterer Aufschlüsse bedürfen.

4. Der Ursprung der Gewitterelektrizität ist nicht in einer einfachen Influenzwirkung zu suchen, wie sie in einem Wassertropfenkollektor oder in anderen Formen der Influenzmaschine stattfindet.

Simla, Indien, Meteorological Office.
1. September 1913.

(Eingegangen 20. September 1913.)

## Über eine Neukonstruktion des Apparates zur Messung der durchdringenden Strahlung nach Wulf und die damit bisher gewonnenen Ergebnisse.

Von Werner Kolhörster.

(Aerophysikalischer Forschungsfonds Halle, Abhandlung Nr. 2.)

Von den Herren Günther & Tegetmeyer, Braunschweig, erhielt ich das Manuskript der Arbeit[1]) des Herrn Bergwitz, „Untersuchung über Störungen am Apparate zur Messung der durchdringenden Strahlung“ nach Wulf freundlichst übersandt. Da ich im Laufe dieses Sommers mit einem etwas abgeänderten Wulfschen Strahlungsmesser ähnliche Versuche gemacht habe, möchte ich gleich im Anschluß daran über die Ergebnisse berichten.

1) Diese Zeitschr. 14, 953, 1913.

Der Apparat ist besonders für Hochfahrten gebaut worden, wobei folgende Bedingungen zu beachten waren: Er sollte bei Überdrucken bis zu 500 mm $Hg$ dicht bleiben, bei wechselnden Druckunterschieden Konstanz der Empfindlichkeit des Elektrometers bewahren und möglichst gleiche Eigenschaft auch bei wechselnder Temperatur aufweisen. Da es immerhin Schwierigkeiten bereitet, im Freiballon nahezu konstante Höhen innezuhalten, besonders über längere Zeit, so war ein möglichst empfindliches Elektrometer erwünscht, um in verhältnismäßig kurzer Zeit brauchbare Werte der Zerstreuungsmessung zu gewinnen. Der Erhöhung der Empfindlichkeit standen folgende Gründe gegenüber. Es mußte darauf gesehen werden, daß die Empfindlichkeit und die dadurch bedingte Potentialdifferenz zwischen dem aufgeladenen System und dem Gehäuse nicht zu groß bzw. nicht zu klein wurde, um Sättigungsstrom innerhalb der zulässigen Fehlergrenze zu erzielen. Daher durfte auch das nutzbare Luftvolumen nicht übermäßig vergrößert werden, wiewohl ja nur der Abstand geladenes System—geerdetes Gehäuse annähernd im $\sqrt[3]{V}$ fachen Verhältnis geändert wird, wenn unter $V$ das Volumen zu verstehen ist. Schwerwiegender war das Bedenken, daß bei Vergrößerung des Gehäuses sich leichter Wärmeströmungen im Innern ausbilden konnten, die die Sicherheit der Ablesungen beeinträchtigen. Bei der wie bekannt außerordentlich kleinen Kapazität des Wulfschen Strahlungsapparats (ungefähr 1,3 cm) sollte derselbe innerhalb 5 bis 10 Minuten brauchbare Werte ergeben. Der Apparat wurde unter diesen Gesichtspunkten konstruiert. Er erhielt die Form des von den Herren Wulf und Heß vorgeschlagenen Elektrometers zur Messung der $\gamma$-Strahlen, eines Zylinders mit vertikaler Achse von ungefähr 160 mm Höhe und 180 mm Durchmesser, in dessen Mitte das Wulfsche Elektrometer, am oberen Deckel verschraubt, angebracht war. Das nutzbare Luftvolumen beträgt 3560 ccm, das Volumen zur Bestimmung des Isolationsverlustes 47 ccm, die Kapazität des geladenen Systems etwas unter 1,3 cm. Den 160 Teilen der Skala entsprachen im Mittel 130 Volt. Die übrige Anordnung glich dem verbesserten Strahlungsapparat nach Wulf.

Der luftdichte Abschluß bereitete insofern Schwierigkeiten, als die Fäden des Elektrometers infolge der Abschirmung des Mikroskops durch einen Metalltrichter im Innern des Ap-

parats zur Vermeidung sogenannter toter Ecken nicht nach luftdichter Verlötung eingesetzt werden konnten. Es mußten vielmehr die Fäden erst eingezogen und dann der Deckel luftdicht aufgesetzt werden. Deckel und Rand wurden aufeinander verschliffen, die zwischen dem konisch abgedrehten Rande und dem Gehäuse nach oben sich erweiternde Rinne wurde mit Woods Metallegierung ausgegossen, nachdem der Deckel am Gehäuse fest verschraubt war. Trotz einer Stärke des letzteren von 5 mm Messing ergab das Elektrometer bei wechselnden Drucken verschiedene Einstellungen, so daß die Herren Günther & Tegetmeyer noch vor der Ablieferung sich zu einer Änderung genötigt sahen. Sie brachten in der Mitte des Deckels verschraubt eine Platte an, woran vier Streben und eine weitere Platte dicht über dem Boden befestigt wurden. Nunmehr erwies sich die Unabhängigkeit der Einstellung vom Druck als fast vollständig erreicht. Meine daraufhin bezüglichen Versuche ergaben bei Eichung mit Präzisionsvoltmetern von Siemens & Halske bei Drucken zwischen 200 mm Unter- bis 500 mm Überdruck größte Abweichungen von +0,6 Skalenteilen gegenüber der unter Atmosphärendruck erhaltenen Eichkurve. Dennoch war der luftdichte Abschluß bei höheren Überdrucken als 200 mm nicht genügend, was sich rein äußerlich schon daran zeigte, daß das Picein, womit das Woodsche Metall überzogen war, Blasen bekam, die schließlich durchbrochen wurden. Ferner war die mechanische Ladevorrichtung selbst mit übergeschraubter Schutzkappe bei diesen höheren Drucken ziemlich undicht. Deshalb wurde bei einem Umbau des Elektrometers diese Art der Abdichtung verworfen. Der Deckel, an dem ebenso wie am Gefäßrande ein Weißblechstreifen angelötet war, wurde mit vier Überfallschrauben möglichst fest an die Wandung gepreßt und die beiden Blechstreifen miteinander verlötet. Absolutes Dichthalten ist damit erzielt. An Stelle der mechanischen Ladevorrichtung wurde eine magnetisch-mechanische angebracht, die nach meinen Angaben von den Herren Günther & Tegetmeyer etwas abgeändert ausgeführt wurde und sich bis heute außerordentlich bewährt hat. Was die Temperaturkompensation betrifft, so erklärten mir die Herren Günther & Tegetmeyer, daß diese wohl erreicht sei, sofern nur alle Teile des Apparats konstante Temperatur hätten. Ich hatte den Apparat hochglanzpoliert bestellt, um das von Herrn Wulf benutzte Mittel des Einpackens in einen wärmeisolierenden Überzug zu vermeiden, das meiner Meinung nach nur ein Notbehelf sein kann[1]). Da aber vor dem Umbau der Apparat mit schwarzem Lacküberzug geliefert worden war, so machte ich erst damit Versuche. Es wurden, um möglichst unter den gleichen Bedingungen wie beim Versuch zu arbeiten, Messungsreihen der Zerstreuung im Schatten einer dicken Wand und gleich darauf im vollen Sonnenschein sowie in umgekehrter Reihenfolge aufgenommen. Dabei zeigte sich, daß innerhalb einer Zeit von 1 bis $1^1/_2$ Minuten nach dem Einbringen in die Sonne oder umgekehrt die Fäden parallel zueinander Schwingungen um eine Gleichgewichtslage ausführten. Bei Erwärmung traten größere Zerstreuungswerte, bei Abkühlung kleinere auf innerhalb der Differenzen über eine Minute Zeitdauer. Bei solchen über 10 Minuten fielen diese Fehler fort. Es stehen die Ergebnisse im Einklang mit denen des Herrn Bergwitz, teilweise auch mit denen des Herrn Dorno. Im übrigen ergab eine größere Anzahl von Messungsreihen, daß mit dem Apparat schon innerhalb 10 Minuten beim minutenweisen Ablesen gut übereinstimmende Werte erzielt wurden. Auch erwiesen sich die zur Mittelbildung verwandten Differenzen über je 5 Minuten als recht brauchbar. Zu erwähnen wäre noch, daß bei den Beobachtungen der durchdringenden Strahlung in einem von radioaktiven Substanzen freigehaltenen Raume des Physikalischen Instituts eine ausgesprochene Periode in der Zeit von 9 a. bis 9 p. bisher nicht wahrzunehmen war. Im Durchschnitt ergaben sich 15 Ionen pro ccm und Sek. Auf den Wiesen an der Saale ging die Ionenzahl auf 13,5, auf der Saale selbst auf 10,7 Ionen pro ccm und Sek. herunter. An einer über 7,50 m tiefen Stelle der Saale wurde der Apparat 3,50 m tief in das Saalewasser versenkt und dabei 9,25 Ionen pro ccm und Sek. gefunden[1]).

Mit dem Apparat wurden noch vor dem Umbau zwei Ballonfahrten unternommen, auf deren einer eine Maximalhöhe von 4000 m und auf der anderen eine solche von 4400 m erreicht wurde und über deren Resultate auf der Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien von mir berichtet werden wird. Eingehende Fahrprotokolle werden in den Verhandlungen der Hallischen Naturforschenden Gesellschaft erscheinen. Bei beiden Fahrten wurde eine Erhöhung der Ionenzahl über 2000 m sicher festgestellt, und die Ergebnisse stehen mit den Messungen des Herrn Heß in gutem Ein-

1) Derselben Ansicht ist Herr Dorno, dem ich auch an dieser Stelle für die Einsicht in das auf die Arbeit des Herrn Bergwitz bezugnehmende Manuskript: „Über Unstimmigkeiten des Wulfschen Strahlers usw." (vgl. diese Zeitschr. **14**, 956, 1913) verbindlichst danken möchte.

1) Für die Überlassung des Bootes und der sonstigen Behelfe bin ich Herrn Strommeister Röhr zu großem Danke verpflichtet.

klang. Doch waren Werte, die bei schnellem Steigen des Ballons erhalten wurden, nicht als Einzelwerte zu verwenden, obwohl sie sich in die Mittelwerte meist gut einfügten. Die Ablesungen bei stärkerem Steigen oder Fallen sind ferner durch Parallelverschiebungen der Fäden, ähnlich wie sie schon vorher bei den Versuchen über den Einfluß der Temperaturänderungen auftraten, beeinflußt worden. Eine Erklärung hierfür ist zu suchen einmal in der durch Steigen oder Sinken hervorgerufenen Aspiration der Luft und der dadurch bedingten ungleichen Änderung der Temperatur des Apparats, ferner in Trägheitskräften, die, natürlich nur bei Änderung der Geschwindigkeit, also Beschleunigungen, in dem Fadensystem oder in der Verschiebung der Lage des Mikroskops zu dem Elektrometer und den schweren Platten sich bemerkbar machen konnten, drittens in den bei Höhenänderungen auftretenden Luftdruckschwankungen, und viertens in der Art der Aufhängung des Elektrometers.

Was die Temperatureinflüsse betrifft, so hatte sich ja bei geringen Änderungen der Temperatur, wie sich solche durch Sonnenstrahlung auf dem Erdboden ergeben, fast völlige Einflußlosigkeit gezeigt. Da ich nun annahm, daß das Gehäuse infolge der Sonnenstrahlung in größeren Höhen zu stark erwärmt wird, so sorgte ich beim Umbau des Elektrometers dafür, daß es nunmehr hochglanzpoliert geliefert wurde. Die darauf bei einer Hochfahrt mit 6300 m Maximalhöhe erhaltenen Resultate entsprachen den Erwartungen nicht in dem gewünschten Maße. Vor allen Dingen wurde der Apparat bei Temperaturen von $-10^0$ abwärts derartig kalt, daß Berührung des Bodens mit der bloßen Hand, um während der Ablesung das Elektrometer ruhig zu halten, sofort Verschiebungen der Fäden veranlaßte. Bei sehr starkem Steigen wurden starke Spreizungen der Fäden beobachtet.

Ein Einfluß von Trägheitskräften auf das Fadensystem, und nur auf dieses allein, konnte meines Erachtens kaum vorhanden sein, zumal ja elastisch gespannte Fäden nicht mit den Aluminiumblättchen eines Elster-Geitel-Elektrometers zu vergleichen sind. Wie bekannt, sind bei diesen durch beschleunigtes Abwärtsbewegen die Blättchen leicht zum Kontakt mit den Schutzbacken zu bringen. Aus den in der zitierten Arbeit des Herrn Bergwitz mit einem gewöhnlichen Elektrometer nach Wulf angeführten Resultaten ist m. E. nur zu folgern, daß das Fadensystem keinen oder nur sehr geringen Trägheitskräften unterliegt. Inwieweit solche aber an einem Elektrometer hoher Empfindlichkeit mit den eingebauten schweren Platten auftreten können, sollen in Kürze angestellte Versuche erweisen, zu denen ich den Herren Günther & Tegetmeyer mein Elektrometer zur Verfügung gestellt habe. Meine eigenen darauf bezüglichen Versuche, die ich in einem schnell laufenden Personenaufzuge, sowie in einem langsamer fahrenden Lastaufzuge ausgeführt habe, wobei das Elektrometer von einer Steckbatterie nach Krüger auf konstanter Spannung gehalten wurde, ließen beim Anfahren und Bremsen des Aufzugs wegen der starken Erschütterungen keine eindeutigen Resultate erkennen, so daß ich die Frage noch offen lassen muß. In Anbetracht der sonstigen Fehlerquellen dürfte jedoch ihr Einfluß verhältnismäßig gering sein. Doch ist zu bemerken, daß beim stufenweisen Ansteigen und beim Einhalten der Stufen durch das fortwährende Pendeln des Ballons sehr wohl Trägheitskräfte öfter auftreten, als man vermutet. Leider gibt das sogenannte Ballonvariometer nur Geschwindigkeiten, nicht Beschleunigungen an, so daß man im Moment der Ablesung dieses nicht zu Rate ziehen kann. Eine nachträgliche Feststellung nach dem Barogramm dürfte kaum angängig sein.

Es erscheint ferner nicht ausgeschlossen, daß schnellere Luftdruckänderungen, wie sie beim raschen Fallen und Steigen des Ballons auftreten, die Sicherheit der Ablesungen gefährden. Denn als ich bei der Eichung des Elektrometers unter verschiedenen Drucken dasselbe auf 200 mm $Hg$ evakuiert hatte und dann ganz langsam Luft einließ, die zuvor ein Chlorkalziumrohr, eine Schwefelsäuretrockenflasche, ein Phosphorpentoxydrohr und ein Watterohr passiert hatte, wobei der Luftzutritt so bemessen wurde, daß die Luftblasen in der Schwefelsäuretrockenflasche bequem gezählt werden konnten, führte das auf konstanter Spannung gehaltene Fadensystem wiederum Parallelverschiebungen aus, die denen bei wechselnder Temperatur beobachteten ähnlich waren. Daß diese auf der von dem Apparat verschiedenen Temperatur der eintretenden Luft beruhten, erscheint insofern nicht gut möglich, als sämtliche Trockenvorrichtungen in dem Zimmer längere Zeit gestanden hatten. Eher werden wohl die an den Wandungen auftretenden elastischen Nachwirkungen hierfür verantwortlich sein. Bei konstanten dauernden Druckunterschieden erhielt ich dagegen die oben erwähnten Resultate.

Über die Anbringung des Elektrometers im Ballon wäre zu berichten, daß nach den Versuchen der Herren Wigand und Everling eine Aufhängung der Aufstellung vorzuziehen ist. Von den drei Leinen, die das Elektrometer halten, ist die eine am Netz in der Höhe des Ballonäquators, die beiden anderen am Ringe befestigt, so daß Schwankungen

schnell gedämpft werden. Dennoch war bei Ablesungen stets möglichste Ruhe im Korbe zu bewahren. Auch mußte der Apparat mit der Hand leise dämpfend berührt werden. Da durch dieses momentane Festhalten ebenso wie durch das Erschlaffen der Ballonhülle das Elektrometer geringe Neigungen erhielt, so wurden Versuche mit geneigtem Elektrometer im Treppenhause des Physikalischen Instituts ausgeführt, bei denen die Aufhängung in ähnlichen Abmessungen wie beim Ballon gewählt war. Das Elektrometer wurde wieder unter konstanter Spannung gehalten und um annähernd $10^0$ geneigt. Dabei ergaben sich Fehler der Einstellung um +0,3 Skalenteile. Gleiche mit einem gewöhnlichen Elektrometer nach Wulf ausgeführte Versuche, bei denen allerdings die Fadenspannung wegen höheren Meßbereichs größer war, wiesen derartige Schwankungen nicht auf. Im übrigen ist dabei von größeren Parallelverschiebungen der Fäden ganz abgesehen. Hierin scheint mir vor allem ein Nachteil der schweren Platten zu liegen.

Mit dem Elektrometer selbst wurden folgende Erfahrungen gemacht. Sofort nach Erhalt mit Präzisionsvoltmeter in der üblichen Weise geeicht, stimmte die Kurve bis auf eine geringe Parallelverschiebung mit der von den Herren Günther & Tegetmeyer aufgenommenen recht gut überein. Die Verschiebung machte sich in einer Herabsetzung der Empfindlichkeit des Elektrometers geltend. Weitere Eichungen wurden vorgenommen, sobald Nullpunktsverschiebungen auftraten. Bei dem ersten Fädenpaar sank die Empfindlichkeit schließlich immer weiter herab, was wohl auf sogenannten Alterungserscheinungen der Fäden beruht. Die Erscheinung konnte bei diesem Fädenpaar nicht weiter verfolgt werden, da bei einem Umbau des Elektrometers ein neues eingesetzt werden mußte. An diesem wurden dieselben Vorgänge beobachtet, ja es scheint, als ob die Änderungen der Empfindlichkeit durch den geringsten Stoß herbeigeführt werden. Manchmal wurden selbst während der Eichung verschiedene Kurven aufgenommen, doch ließ sich oft durch hohes Aufladen der Fäden die Verringerung der Empfindlichkeit wieder rückgängig machen. Einmal half sogar kräftiges Schütteln des Apparats. Zu erwähnen wäre noch, daß augenblicklich das Elektrometer wieder eine der früheren entsprechende hohe Empfindlichkeit aufweist. Elastische Nachwirkung der Fäden habe ich bei jeder Eichung gefunden, derart, daß die Einzelwerte bei steigenden Voltzahlen stets niedriger als bei fallenden liegen. Nach alledem empfiehlt es sich, das Elektrometer mit fallenden Voltzahlen zu eichen, da diese nur bei der Beobachtung der Zerstreuung in Betracht kommen, und die Fäden ständig unter Spannung zu halten. Herr Wulf teilte mir brieflich mit, daß für die wechselnde Empfindlichkeit des Elektrometers wohl ein Zusammenkleben der Fadenenden verantwortlich sei. Im übrigen macht er dieselben Vorschläge.

Die mit diesem Apparat erhaltenen Resultate haben mich zur Konstruktion eines weiteren Apparates veranlaßt, dessen Prinzipien ich Herrn Wulf brieflich unterbreitete, der auch die Liebenswürdigkeit hatte, bei der Konstruktion des zweiten Strahlungsapparates meine Vorschläge zu begutachten. Es erscheint möglich, fast alle erwähnten Fehler, besonders aber die durch Temperatureinflüsse bedingten, fast völlig zu vermeiden. Ich hoffe in Kürze darauf zurückkommen zu können.

Die Untersuchungen werden mit Unterstützung des Aerophysikalischen Forschungsfonds Halle a. S. ausgeführt, Herr Professor Dorn stellte wieder in dankenswerter Weise die Mittel des Instituts zur Verfügung.

Halle a. S., Physikalisches Institut der Kgl. Universität, den 16. September 1913.

(Eingegangen 18. September 1913.)

## Verhalten des Quecksilberlichtbogens und des Quecksilbergleichrichters bei schnellen Schwingungen.

Von W. Burstyn.

Der unter gleichlautender Überschrift vor kurzem in dieser Zeitschrift erschienene Aufsatz des Herrn H. Busch[1]) veranlaßt mich auf eigene Versuche hinzuweisen, die ich 1906 im Wiener Elektrotechnischen Institut begonnen habe. Ihr Ergebnis ist nicht veröffentlicht worden, jedoch in meinem D. R. P. 212 563 vom 23. IV. 1908 niedergelegt; die Einleitung der Patentschrift lautet:

„Wie Erfinder versucht hat, erlischt eine Quecksilberlampe, wenn der sie speisende Gleichstrom auch nur den zehnmillionsten Teil einer Sekunde lang unterbrochen oder unter ein gewisses Maß gebracht wird.

Diese Eigenschaft macht die Quecksilberlampe geeignet zum Nachweise von Wechselströmen oder Stromstößen, namentlich von solchen, die nur ganz kurze Dauer besitzen.

Die Anordnung besteht darin, daß dem in der Lampe fließenden Gleichstrom der nachzuweisende Strom übergelagert wird. Hierzu dienen Schaltungen bekannter Art, die in der Hoch-

1) Diese Zeitschr. 14, 524—528, 1913.

frequenztechnik besonders bei Empfängern angewandt werden. In dem Augenblick, wo die algebraische Summe beider Ströme unter einen gewissen Wert sinkt, löscht die Lampe aus. Auch die Richtung und Amplitude des Stromstoßes läßt sich also bestimmen. Die Empfindlichkeit ist mit der eines Kohärers vergleichbar.

Dieselbe elektrische Anordnung kann dazu dienen, einen Gleichstrom plötzlich zu unterbrechen, wie dies etwa zum Betriebe von Funkeninduktoren benötigt wird."

Einen derartigen Funkeninduktor, der von einem mechanischen Unterbrecher gesteuert wird und bis zu zu 1000 Funken pro Sekunde gibt, habe ich am 10. Januar 1913 in der „Deutschen Physikalischen Gesellschaft" und am 22. April 1913 im „Elektrotechnischen Verein" vorgeführt.

(Eingegangen 15. Juni 1913.)

# BESPRECHUNGEN.

**Heinrich Konen, Das Leuchten der Gase und Dämpfe.** Mit besonderer Berücksichtigung der Gesetzmäßigkeiten in Spektren. („Die Wissenschaft", Bd. 49.) 8. XIV u. 384 S. mit 33 Textabbildungen und einer Tafel. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1913. M. 12.50, gebunden M. 13.50

In diesem Bande liegt eine ausgezeichnete Arbeit vor. Der Verf. stellt sich auf den Standpunkt, daß in der Spektroskopie vorläufig allein das experimentelle Ergebnis zu sprechen hat, da die zahlreichen theoretischen Versuche zu keinem mit den Tatsachen im Einklang stehenden Resultaten geführt haben. So sucht er mit möglichster Kürze, aber völliger Klarheit zunächst darzustellen, was experimentell feststeht, und was dabei als gesetzmäßig beobachtet ist.

Im ersten Teile werden die Methoden zur Leuchterregung der Dämpfe und Gase besprochen, mit Hervorhebung der Unterschiede und Angabe guter Beispiele. Dann folgen die Hilfsmittel, die wir benutzen, um ein Spektrum zu beschreiben: Angabe der Wellenlängen, der Intensitäten, des Aussehens der Linien, der Verteilung der Emission in den Lichtquellen usw. Endlich folgen Diskussionen über die Konstanz bzw. Veränderlichkeit der Spektra durch die Art der Erregung, Magnetfeld, Druck usw.

Der wichtigste und umfangreichste zweite Teil des Bandes behandelt die Gesetzmäßigkeiten in Spektren. Zuerst werden die Linienspektren besprochen. Es sind im Laufe der Jahre zahlreiche Formeln teils auf empirischer, teils auf theoretischer Grundlage aufgestellt worden, welche die Linienserien mehr oder weniger genau darstellen. In vorzüglich klarer Weise behandelt der Autor alle Formeln und schält heraus, was ihre Unterschiede bedingt. Auch das Kombinationsprinzip von Ritz, durch welches Paschen eine sehr große Anzahl weiterer Linien als gesetzmäßig gelagert nachgewiesen hat, findet hier zum erstenmal eine eingehende und überaus klare Darstellung. — Ebenso ausführlich behandelt Konen die Bandenspektra und die verschiedenen Formeln, welche für sie aufgestellt worden sind. Er führt eine Einteilung der Spektra in 3 Klassen ein: Kantenspektra, Pseudokantenspektra und diffuse Spektra. Ob sich diese Einteilung bei genauerem Studium mit größerer Dispersion wird aufrecht erhalten lassen, scheint mir zweifelhaft. — Man findet eine Aufzählung aller bekannten Bandenspektra der Elemente, einiges über Verbindungsspektra und über kontinuierliche Spektra der Dämpfe. — Dann folgen sonstige Erscheinungen in diskontinuierlichen Spektren, wie magnetooptische Effekte, Zeeman-Effekt, Rotationspolarisation, Einfluß von Dichte und Druck, anomale Dispersion, Dopplereffekt usw. Die präzisen Angaben, deren Kürze durch den Umfang des Buches bedingt war, sind durch reichliche, gut gewählte Literaturangaben ergänzt.

Nachdem die experimentell festgestellten Tatsachen erledigt sind, wendet sich der Verf. im dritten Teil zu theoretischen Versuchen. Mit vollem Recht übergeht er die zahlreichen Hypothesen und Spekulationen, die in den letzten Jahren für einzelne Erscheinungen aufgestellt worden sind, und deren Widersprüche schon zeigen, daß wir von diesen Dingen gar nichts wissen. Er führt vielmehr aus, daß eine wahre Theorie erst eine volle Erkenntnis der elektrischen und optischen Vorgänge voraussetzt, also vorläufig eine Utopie ist. So schränkt er die theoretische Aufgabe dahin ein, daß eine Formel gefunden oder ein Mechanismus ersonnen werden muß, der erstens die Serien in Linien- und Bandenspektren ergibt, zweitens auf der Annahme von Elektronen beruht, drittens mit den Erscheinungen des Zeeman-Effekts und den Gesetzen der Dispersion in Einklang steht. Von diesem Standpunkt aus werden die hauptsächlichsten vorliegenden theoretischen Ansätze geprüft und sämtlich als ungenügend nachgewiesen, so viel Bedeutendes sie auch im einzelnen enthalten mögen.

Das ganze Buch zeigt überall vollste Beherrschung des Stoffes nach allen Richtungen hin, die Abbildungen — fast sämtlich nach eigenen Aufnahmen — sind gut gewählt. Dem Werke kann man nur die weiteste Verbreitung wünschen, da es die bequemste und zuverlässigste Einführung in die besprochenen Gebiete bildet, und da es geeignet erscheint, der in neuerer Zeit eingerissenen Hypothesenmacherei die Spitze abzubrechen.

H. Kayser.

**W. Ostwald, Die Energie.** (Wissen und Können. Sammlung von Einzelschriften aus reiner und angewandter Wissenschaft. Herausgegeben von B. Weinstein. Band I.) Zweite Auflage. gr. 8. 167 S. Leipzig, Joh. Ambr. Barth. 1912. Gebunden M. 4.40

Die Aufgabe, die sich der Verf. gestellt hat, besteht darin, „Entwicklungsgeschichte und Inhalt eines Begriffes zu schildern", den er mit folgenden Worten charakterisiert: „... es ist zurzeit keiner bekannt, in dem sich gleichzeitig Allgemeinheit und

Besonderheit, umfassende Geltung und Bestimmtheit der Aussage in solchem Maße vereinigten, wie in ihm. So müssen wir diesen Begriff als die reichste und lebensvollste Inkarnation unseres Wissens bezeichnen, die wir bisher gefunden haben. Wir können sagen, daß wir kein Geschehnis in der Welt kennen, das sich nicht in Zusammenhang mit diesem Begriffe bringen ließe, und daß von den vielen anderen Begriffen, wie Zahl, Zeit, Raum, Größe usw., die wir zur gedanklichen Erfassung der Welt ausgebildet haben, unser Begriff das Meiste und Bestimmteste über den Inhalt dieser unserer Welt ausspricht und in Zusammenhang bringt. Dieser Begriff ist die Energie. — — — An den weiten Kreis der Gebildeten mich wendend, will ich versuchen, unter beständiger Beziehung auf den Inhalt der täglichen Erfahrung zu zeigen, wie unter dem Zeichen der Energie die verschiedenartigsten Betätigungen menschlichen Wissens und Könnens sich einheitlich zusammenfassen und darstellen lassen, wie die Energie den Maßstab abgibt, nicht nur das Vergangene zu verstehen und das Gegenwärtige zu beurteilen, sondern auch das Künftige vorauszusagen und zu bestimmen."

Die energetischen Anschauungen des Verf. sind allgemein bekannt und haben sich auf den verschiedensten Gebieten der Naturwissenschaften als fruchtbar erwiesen. Vielleicht wird mancher Leser dem Verf. die Folgschaft weigern, wenn er versucht, die Energetik auch auf psychische und soziale Probleme anzuwenden. Aber weder Anhänger, noch Gegner werden dem Verf. die Anerkennung versagen können, daß er es meisterhaft verstanden hat, in eleganter und klarer Darstellung eine Fülle der verschiedenartigsten Anregungen zu geben. Schon um dieser Anregungen willen erscheint das Buch wertvoll, und aus diesem Grunde empfehle ich es zur Lektüre jedem Gebildeten mit aller Energie.

Iklé.

---

**E. Kotte, Lehrbuch der Chemie und Mineralogie mit Einschluß der Elemente der Gesteinskunde und der Geologie.** Ein Lehrgang auf moderner Grundlage nach methodischen Grundsätzen. Große Ausgabe A in 3 Teilen. I. Teil: Einführender Lehrgang der Chemie und Mineralogie. 2. völlig umgearbeitete Auflage. gr. 8. VIII u. 208 S. mit 143 Textfiguren. Dresden-Blasewitz, Bleyl & Kaemmerer. 1913. Gebunden M. 2.60

Verf. schildert die wichtigsten chemischen Elemente und deren Verbindungen, wobei auch physikalische und physikalisch-chemische, besonders thermodynamische Gesetze und Theorien behandelt und quantitative Untersuchungen sowie stöchiometrische Aufgaben gebracht werden; auch wird auf die Geschichte der Entdeckungen weitgehende Rücksicht genommen. Überall findet man die technisch wichtigen Mineral-Rohstoffe nach ihrem Vorkommen und ihren kristallographischen Eigenschaften beschrieben, wie Erze, Edelsteine, Kohlen u. a.

Die letzten 15 Seiten sind der geometrischen Kristallographie gewidmet. Hier hätten wohl die Symmetrieachsen und das Symmetriezentrum, die Symmetrieklassen sowie das Rationalitätsgesetz berücksichtigt werden können. Die chemischen Formeln von Brauneisenstein und von Kainit sowie die Kennzeichnung der Symmetrie von Quarz und Zinnober dürften in der nächsten Auflage verbessert werden. Das Buch ist im übrigen mit trefflichen Textfiguren ausgestattet und dürfte auf höheren Schulen, für die es bestimmt ist, vorzügliche Dienste leisten.

Johnsen.

---

**J. Billiter, Die elektrolytische Alkalichloridzerlegung mit starren Metallkathoden,** I. Teil. (41. Band der Monographien über angewandte Elektrochemie.) 8°. V u. 284 Seiten mit 189 Abbildungen im Text. Halle a. S., W. Knapp. 1912. Geheftet M. 16.50

Die vorliegende Monographie gibt eine Zusammenstellung der deutschen, britischen und amerikanischen Patente über die elektrolytische Alkalichloridzerlegung, soweit sie nicht flüssige Kathoden (Quecksilberkathoden bei wäßrigen Lösungen, Bleikathoden in Schmelzen) verwendet. Über diese letztere Sorte der Alkalichloridelektrolysen gibt eine in derselben Sammlung erschienene Monographie von R. Lucion-Aufschluß. Die deutschen und britischen Patente sind chronologisch in den Gruppen: Verfahren und Apparate, Diaphragmen und Elektroden angeordnet, die amerikanischen in einer Gruppe chronologisch zusammengestellt. Die Patentansprüche sind bei allen Patenten wörtlich zitiert, bei den industriell verwerteten Verfahren sind die ganzen Patente vollinhaltlich wiedergegeben. Der Verfasser beleuchtet in einer kurzen Diskussion die einzelnen Patente und leitet das Buch durch eine kurze theoretische Darlegung der Alkalichloridelektrolyse ein. — Ein zweiter (inzwischen erschienener) Band soll die genaue Beschreibung der industriellen Anlagen zur Alkalichloridelektrolyse bringen.

Es ist interessant, die allmähliche technische Entwicklung eines der wichtigsten Zweige der angewandten Elektrochemie zu verfolgen, zumal an Hand eines Führers, der sich selbst auf dem behandelten Gebiete in wissenschaftlicher und technischer Hinsicht betätigt hat. Das Buch kann sowohl technischen Interessenten als auch Wissenschaftlern, die sich für die praktische Anwendung der theoretischen Errungenschaften interessieren, als durchaus sachgemäß bestens empfohlen werden.

K. Jellinek.

---

**H. Scholl und W. Voege, Theorie der elektrostatischen Meßinstrumente und ihre praktischen Ausführungsformen.** 65 S. m. 29 Fig. Leipzig, Hachmeister & Thal. 1911. M. 1.50

Scholl entwickelt auf Grund des bekannten Maxwellschen Ansatzes die Theorie der verschiedenen Elektrometertypen in origineller und leicht faßlicher Darstellung, die der Behandlung dieses Gegenstandes in Lehr- und Handbüchern zum Vorbild dienen sollten. Daran knüpft er jeweils eine anregende und nach vielen Richtungen (z. B. Kri-Kri-Erscheinung, Binantenelektrometer) aufklärend wirkende Kritik von vorhandenen Ausführungsformen oder von Ausführungsmöglichkeiten. — Voege beschreibt die bis 1911 bekannten Elektrometer, die für den Physiker und Elektrotechniker Interesse haben.

Hausrath.

---

**J. Grosselin, Les canalisations isolées.** Conférences faites à l'Ecole Supérieure d'Electricité. 96 S. mit 28 Fig. u. 2 Tafeln. Paris, Gauthier-Villars. 1912. Preis 3.75 Fr.

Dieses vornehmlich für Studierende bestimmte Buch gibt einen kurzen Abriß der Kabeltechnik,

und zwar mit der Beschränkung auf Starkstromkabel. Es behandelt vorwiegend die praktische Seite des Gegenstandes; die theoretischen Erörterungen sind auf das allernotwendigste beschränkt.

In dem ersten Teile des Buches wird die Herstellung der Kabel und ihre Verlegung besprochen; der zweite handelt von ihren elektrischen Eigenschaften und von ihrem Verhalten in den Leitungsnetzen; in dem letzten Teile ist von den Abnahmebedingungen die Rede. In dem Abschnitte über die Herstellung der Kabel wäre wohl eine etwas ausgiebigere Erläuterung durch Abbildungen am Platze gewesen. Bei der Besprechung des elektrischen Verhaltens der Kabel in den Leitungsnetzen werden die nichtstationären Vorgänge nach veralteten unklaren und zum Teil unrichtigen Anschauungen dargestellt und die neueren Arbeiten auf diesem Gebiete nicht berücksichtigt. Hiervon abgesehen ist die Darstellung klar und anschaulich gehalten. Das Buch enthält viele nützliche Zahlenwerte und andere praktisch-technische Einzelheiten, die den Benutzern willkommen sein werden.

K. W. Wagner.

**K. Markau, Die Telephonie ohne Draht.** (Heft 43 der Sammlung „Die Wissenschaft".) gr. 8. X u. 126 S. mit 103 Fig. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn. 1912. Geh. 4.50 M., geb. 5.20 M.

Angesichts der neueren Fortschritte in der Telephonie ohne Draht ist es zu begrüßen, daß es in der vorliegenden Monographie unternommen wird, eine Übersicht über das auf diesem Gebiete bisher Erreichte zu geben. Der Erörterung des eigentlichen Themas, der Telephonie mittels Hertzscher Wellen, geht eine kurze historische Einleitung voraus, in der über einige ältere Versuche über das Fernsprechen ohne Draht berichtet wird. Dann werden die verschiedenen Arten der drahtlosen Telephonie besprochen, die sich des Poulsenschen Lichtbogens bedienen, wobei auch auf die elektrodynamischen Eigentümlichkeiten des Bogens selbst eingegangen wird. Im Anschluß daran wird die drahtlose Telephonie mittels der durch Stoßerregung erzeugten Schwingungen und mittels der von Hochfrequenzmaschinen gelieferten andauernden Wechselströme erörtert. Das letzte Kapitel befaßt sich mit den hauptsächlichsten Apparaten und ein Nachtrag mit den Kiebitzschen Versuchen mit Erdantennen.

Die Darstellungsweise ist in der Hauptsache eine rein beschreibende. Das Buch wendet sich an Physiker und Elektrotechniker, die sich eine Übersicht über den derzeitigen Stand des drahtlosen Fernsprechens verschaffen wollen, ohne allzu tief in theoretische oder technische Einzelheiten eindringen zu müssen. Für den, der an irgendeiner Stelle nähere Auskunft wünscht, ist durch reichliche Literaturangaben ebenfalls gesorgt. K. W. Wagner.

**J. L. Heiberg, Naturwissenschaften und Mathematik im klassischen Altertum** (Aus Natur und Geisteswelt. 370. Band). 8. IV u. 102 S. mit 2 Figuren. Leipzig, B. G. Teubner. 1912. Gebunden M. 1.25

Der Verfasser weiß in fesselnder Sprache auf dem kleinen Raum von noch nicht hundert Seiten den gewaltigen Stoff mit großer Kunst vor uns aufzurollen. Daß dabei manches, wie die älteste jonische Naturphilosophie nur kursorisch behandelt werden kann, ist selbstverständlich und durchaus berechtigt. Nichtsdestoweniger ist kein Name von Bedeutung übergangen worden. Sehr erfreulich scheint mir der Umstand, daß auch die Medizin der alten Welt mit besonderer Liebe mit in die Naturwissenschaften hineingenommen worden ist. Auch auf diesem Gebiet offenbart sich die unendliche Überlegenheit der griechischen Welt der geistigen Armut des Römertums gegenüber. Die inhaltsreiche und sehr interessante Schrift kann jedem dringend empfohlen werden, der sich über antike Wissenschaft orientieren will. Behrendsen.

## Personalien.

**(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)**

**Habilitiert:** An der Deutschen Universität Prag Dr. Karl Ludwig Wagner für physikalische Chemie.

**Verliehen:** Dem Privatdozent für organische Chemie an der Technischen Hochschule Wien Dr. techn. Friedrich Böck der Titel Professor.

**Berufen:** Der ord. Professor für Geophysik und Leiter des Meteorologischen Instituts an der Universität La Plata Dr. J. Laub zum Direktor der physikalischen Abteilung und Professor für Experimentalphysik und Methodik des physikalischen Unterrichts am Instituto Nacional del Profesorado Secundario in Buenos Aires.

**Gestorben:** Der Chemiker Dr. J. Lewkowitsch in London (Verfasser größerer Werke auf dem Gebiete der Fett- und Ölindustrie), der ord. Professor emer. der mathematischen Physik an der Deutschen Universität Prag Hofrat Dr. Ferdinand Lippich.

Zu der in der vorigen Nummer erfolgten Mitteilung vom Ableben des Physikers Geheimrat Wilhelm Holtz († 26. Sept. 1913) ist noch nachzutragen: Holtz ist am 15. Oktober 1836 als Sohn eines Gutsbesitzers in der Nähe von Barth geboren, er hat sich 1881 in Greifswald habilitiert und wurde 1883 Extraordinarius. Die Influenzmaschine hat er im Jahre 1865 konstruiert, er lebte damals als Privatgelehrter in Berlin, die Publikationen darüber findet man in Poggendorfs Annalen.


## Angebote.

**Akademiker**

mit größerer Laboratoriumspraxis, tüchtiger Physiker und Wärmemechaniker, als **Assistent** für wissenschaftliche Untersuchungen auf dem Gebiete des Heizungswesen zum möglichst sofortigen Eintritt gesucht. Im Falle der Bewährung wird angenehme Dauerstellung geboten, ebenso Gelegenheit zu eigenen Arbeiten. Gefällige Angebote müssen enthalten: Bildungsgang, Alter, Zeugnisabschriften, Angaben über Militärverhältnisse, Lichtbild und Gehaltsansprüche. Offerten erbeten unter **S. H. 406** an die Expedition dieses Blattes.

## Gesuche.

**Physiker, Dr. phil.**

**sucht Assistentenstellung** an Hochschule oder technischem Laboratorium. Off. an die Exped. dieser Zeitschrift unter **S. H. 404** erbeten.


Für die Redaktion verantwortlich Dr. Hans Busch in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

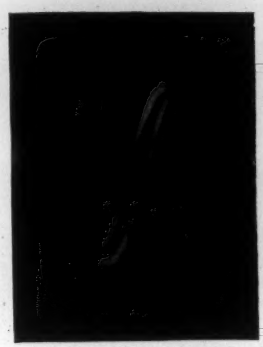


Fig. 1.

Fig. 2.

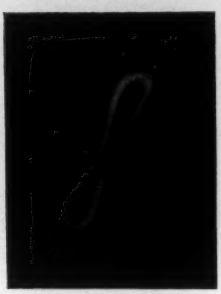


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

H. Faßbender u. E. Hupka, Kurvenform des magnetischen Induktionsflusses sehr dünner Eisenbleche bei Hochfrequenz in Abhängigkeit von der Blechstärke.

Verlag von S. Hirzel in Leipzig.